



JOSÉ ROBERTO BRANCO RAMOS FILHO

Mestre em Engenharia Mecânica

UM MODELO CONCEITUAL DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO EM FLUXO DE CONHECIMENTO

Dissertação para obtenção de Grau de Doutor em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Orientador: Prof. Doutor Celson Pantoja Lima,

Universidade Federal do Oeste do Pará

Orientador Cotutela: Prof. Doutor Ricardo Luís Rosa Jardim Gonçalves

Universidade Nova de Lisboa

Co-orientador: Prof. Doutor Jefferson Oliveira Gomes

Instituto Tecnológico de Aeronáutica

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Celson Pantoja Lima
Arguente(s): Prof. Doutor Jarsen Luís Castro Guimarães
Prof. Doutor Lauro Euclides Soares Barata
Prof. Doutor Ricardo José Rabelo
Prof. Doutor Ricardo Luís Rosa Jardim Gonçalves
Prof. Doutor Rodrigo da Silva
Prof. Doutor Rosinei de Sousa Oliveira



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Abril, 2018

UM MODELO CONCEITUAL DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO EM FLUXO DE CONHECIMENTO

“Copyright” José Roberto Branco Ramos Filho, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, NATUREZA E
DESENVOLVIMENTO

JOSÉ ROBERTO BRANCO RAMOS FILHO

UM MODELO CONCEITUAL DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO
EM FLUXO DE CONHECIMENTO

Brasil
Abril, 2018

JOSÉ ROBERTO BRANCO RAMOS FILHO

**UM MODELO CONCEITUAL DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO
BASEADO EM FLUXO DE CONHECIMENTO**

Orientador

Prof. Dr. Celson Pantoja Lima

Orientador Cotutela

Prof. Dr. Ricardo Luís Rosa Jardim Gonçalves

Co-orientador

Prof. Dr. Jefferson Oliveira Gomes

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento da Universidade Federal do Oeste do Pará como requisito obrigatório a obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração: Gestão do Conhecimento e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável

REGIME COTUTELA

Tese submetida ao Programa de Doutorado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores (PDEEC) da Universidade Nova de Lisboa como requisito obrigatório para obtenção do grau de Doutor em Regime de Cotutela em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, especialidade em Sistemas de Informação Industriais.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO n. 55, sexta feira, 21 de março de 2014 – seção 3

Extrato do Convênio de Cooperação UFOPA/UNL

Processo nº23204.002959/2014-01

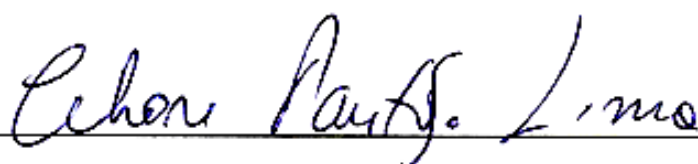
TERMO DE APROVAÇÃO

JOSÉ ROBERTO BRANCO RAMOS FILHO

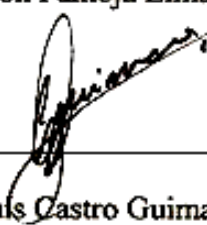
UM MODELO CONCEITUAL DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO
EM FLUXO DE CONHECIMENTO

Esta Tese de Doutorado foi avaliada pelos membros da Banca Examinadora, abaixo
assinados:

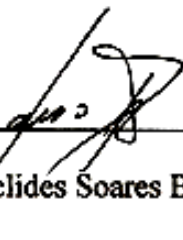
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Celso Pantoja Lima (PPGSND / UFOPA)



Prof. Dr. Jarsen Luis Castro Guimarães (PPGSND / UFOPA)



Prof. Dr. Lauro Euclides Soares Barata (PPGSND / UFOPA)



Prof. Dr. Ricardo José Rabelo (PGEAS / UFSC)



Prof. Dr. Ricardo Luís Rosa Jardim Gonçalves (PDEEC / UNL)



Prof. Dr. Rodrigo da Silva (PPGSND / UFOPA)



Prof. Dr. Rosinei de Sousa Oliveira (PROFNIT / UFOPA)

APROVADO EM: 26 / 04 / 2018

“Far better an approximate answer to the right question, which is often vague, than the exact answer to the wrong question, which can always be made precise (JOHN TUKEY, 1962)”

AGRADECIMENTOS

Tenho muito a agradecer a muitas pessoas por todo o aprendizado e apoio recebidos ao longo desta tese, sem os quais esta não seria possível. Sem prejuízo do mérito e gratidão a todos que me apoiaram que não estão aqui citados, cabem aqui algumas menções especiais:

À Ufopa, pela oportunidade de perseguir o doutoramento.

Aos colegas do Programa de Ciências e Tecnologia, pelo apoio para iniciar estes estudos.

Ao apoio da CAPES/PDSE, que me proporcionou os recursos para o estágio doutoral em Portugal.

Aos pesquisadores Laurindo Campos, Daniel Lins e Andréa Albuquerque do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, que me auxiliaram com ideias para a tese.

Aos docentes do PPGECO e do PPGEHC da Universidade Federal de Santa Catarina que me aceitaram como aluno especial em suas disciplinas e me orientaram nos primórdios deste trabalho.

Aos grandes mentores e amigos de Portugal, Ruben Costa, Paulo Figueiras, Guilherme Guerreiro, Pedro Simões, David Ludovino, João Gião, Sudeep Ghimire, José Ferreira, João Sarraipa, e aos demais pesquisadores e amigos do Gris/Uninova.

Ao professor Jefferson Gomes, co-orientador desta tese, pelo apoio ao longo desta tese.

Ao professor Ricardo Jardim Gonçalves, meu orientador em cotutela no PDEEC/FCT/UNL, pela oportunidade, pela acolhida e pelo incentivo incansável.

Ao meu orientador e amigo, professor Celson Pantoja Lima, que me ajudou a alcançar bem mais do que eu mesmo achava possível.

À minha família, meu chão firme, meus irmãos Rodrigo e Felipe, e meus pais Roberto e Vera, por todo o amor, torcida e apoio ao longo de toda a vida.

À minha esposa Katrice e minha filha Luísa, que suportaram minha ausência durante meses, e a minha distância, mesmo quando em casa, enquanto perseguia este sonho. Sempre com palavras de apoio e carinho que serviram como farol nas horas mais escuras.

A Deus, fonte de tudo.

RESUMO: Ecossistemas de inovação podem ser entendidos como um conjunto complexo de entidades interdependentes, inter-relacionadas, conectadas por fluxos materiais, financeiros, de pessoas e de conhecimento, com elevada capacidade de criar novo conhecimento, transformá-lo, difundi-lo e aplicá-lo na forma de inovações de maneira continuada. Como tal, podem ser observados em grandes organizações, em regiões, em indústrias, ou na cadeia de valor no entorno de um produto. Podem ser estudados de muitos pontos de vista e cortes geográficos, de maneira que o ponto de vista de análise ajudará a delimitar os componentes e as fronteiras do ecossistema, ainda que estas delimitações sejam fluidas e dinâmicas. Um ambiente com estas características, embora não seja de fácil criação, pode ocorrer de variadas formas, não havendo uma receita única para sua composição e funcionamento. Tal complexidade clama por modelos que simplifiquem sua análise, trazendo o foco para os elementos essenciais ao entendimento, ainda que para a compreensão total da realidade o uso de vários modelos com diferentes pontos de vista sejam necessários. É nesta lacuna que está a contribuição deste trabalho. Propõe-se um modelo para a análise de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento, cuja existência é condição necessária, embora não seja suficiente, para o funcionamento continuado do ecossistema. O modelo conceitual apresentado se baseia em conjuntos de papéis desempenhados pelas entidades que compõem um ecossistema no que tange ao conhecimento que nele flui. São estes os papéis de geração de conhecimento, consumo de conhecimento, difusão de conhecimento e integração de entidades, podendo-se citar também o importante papel da transformação de conhecimento científico em tecnológico que está implícito a atuação das entidades em alguns destes papéis. Apenas as entidades detentoras de conhecimento útil ao ecossistema em estudo e aquelas que as conectam farão parte desta análise. As entidades que compõem o ecossistema são conectadas por relações caracterizadas por fatores que afetarão o fluxo de conhecimento entre elas, como o nível de confiança e a distância geográfica e relacional. O ambiente onde estas entidades estão imersas também faz parte do ecossistema, representado pelos seus elementos de sustentação, pelos seus mecanismos de seleção e pela sua demanda. Para a prova conceitual do modelo e o teste das hipóteses que inicialmente nortearam sua criação, um modelo computacional baseado em agentes foi criado. Flexível, o modelo instanciado permite a simulação de diversos cenários, dentre os quais foi selecionado um conjunto destinado a avaliar o comportamento dos agentes em situações estáticas e dinâmicas, com diferentes populações de agentes engajados nos papéis referentes ao conhecimento, capazes de adaptar sua motivação em aprender de acordo com suas experiências ao longo das simulações. Estes cenários foram avaliados para determinar se o conjunto de agentes, naquelas condições, formariam um ecossistema de inovação.

Palavras-chave: ecossistemas de inovação; fluxos de conhecimento; modelagem multiagentes; simulação computacional.

ABSTRACT: Innovation ecosystems can be understood as a complex set of entities which are interdependent, interrelated, connected through material, financial, people and knowledge flows, whom possess a high performance in creating, transforming, difusing and applying new knowledge continuously. As such, they may be observed in large organizations, regions, industries or in the product's value chain. They can be studied from several points of view and geographical delimitations, in a way that the point of view may help defining its components and frontiers, although the latter may be dynamic and fluid. An environment with such features, although not easy to create, may work under different conditions, and there is not a single recipe for its composition and functioning. Such complexity calls for models to simplify its analysis, bringing into focus only the elements essential to the understanding, although full comprehension may requires the use of several different models who address the analysis from different vantage points. This is the gap this thesis seeks to fill. An innovation ecosystem model based on knowledge flows is proposed, whose existence is necessary, although not sufficient, to the continuous functioning of the ecosystem. The presented conceptual model is based on a set of roles related to knowledge, performed by the entities of an ecosystem. These are the roles of knowledge generation, knowledge diffusion, and entity integration, although it is important to mention an implicit role that is implicit in the performance of other roles, which is the transformation of scientific knowledge into technological knowledge. Only entities who possess knowledge that is useful to the ecosystem and the entities who connect them will be part of the analysis. The entities who compose the ecosystem are connected by relationships characterized by knowledge flow affecting factors, such as the level of trust, geographical and relational distance. The environment around these entities is also part of the ecosystem, represented by its support elements, its selection mechanisms and the characteristics of its demands. In order to obtain conceptually prove the model and test the hypothesis that guided this work, an agent based computational model has been created. Flexible, it allows the simulation of several scenarios, from which a few were selected to evaluate the behavior of agents under static and dynamic scenarios, with different populations engaged in knowledge roles, who were able to adapt its motivation according to their experiences throughout the simulations. These scenarios were evaluated to determine whether that set of agents under those conditions would form an innovation ecosystem.

Keywords: innovation ecosystems; knowledge flows; multiagent modeling; computational simulation.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivo do Trabalho	2
1.2	Resultados Esperados	2
1.3	Motivação	3
1.4	Delimitação do Problema.....	4
1.5	Problema de Pesquisa e Hipóteses.....	4
1.5.1	Problema de Pesquisa.....	4
1.5.2	Hipóteses	4
1.6	Contexto do Trabalho	4
1.7	Contextualização Científica	7
1.8	Estrutura do Documento	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
2.1	Ecosistemas de Inovação.....	9
2.1.1	Conceitos Relacionados	9
2.1.2	O Conceito de Ecosistemas de Inovação.....	20
2.1.3	Elementos de um Ecossistema de Inovação.....	23
2.2	Conhecimento	26
2.2.1	Definição.....	27
2.2.2	Tipos de Conhecimento	28
2.2.3	Aprendizado e Fluxos de Conhecimento	36
2.3	Sistemas Adaptativos Complexos.....	52
2.4	Síntese do Capítulo	54
3	METODOLOGIA	57
3.1	Modelagem Computacional Baseada em Agentes.....	59
3.2	Metodologia de Modelagem	62

3.3	Síntese do Capítulo	66
4	UM MODELO DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO EM FLUXO DE CONHECIMENTO	68
4.1	Visão do Trabalho.....	68
4.2	Elementos de um Ecossistema de Inovação Baseado em Fluxos de Conhecimento.....	69
4.2.1	Entidades	69
4.2.2	Relações	73
4.2.3	Conhecimento	74
4.2.4	Elementos de Sustentação do Ambiente	77
4.2.5	Fluxos de Conhecimento.....	80
4.3	Síntese do Capítulo	81
5	INSTANCIAMENTO DO MODELO	84
5.1	<i>Framework</i> Tecnológico.....	84
5.1.1	NetLogo	84
5.2	Premissas do Modelo Computacional.....	87
5.3	Modelo Computacional de Ecossistemas de Inovação	91
5.3.1	Representação do Conhecimento	92
5.3.2	Mecanismos de Seleção	93
5.3.3	Fluxos e Geração de Conhecimento.....	94
5.3.4	Entradas e Saídas do Modelo	97
5.4	Experimentos e Resultados	99
5.4.1	Experimento 1	103
5.4.2	Experimento 2	105
5.4.3	Experimento 3	109
5.4.4	Experimento 4	116
5.4.5	Experimento 5	120

5.4.6	Experimento 6	127
5.4.7	Experimento 7	131
5.5	Síntese do Capítulo	134
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
6.1	Conclusões	138
6.2	Desafios da Tese	145
6.3	Resultados Obtidos	146
6.3.1	Artigos em Eventos	147
6.3.2	Artigo Publicado em Revista	147
6.3.3	Colaboração em Artigo Aceito em Revista.....	147
6.3.4	Palestras	148
6.3.5	Minicursos.....	148
6.4	Sugestões para Trabalhos Futuros	149
6.4.1	Validação em Ecossistemas Reais	149
6.4.2	Desenvolvimentos do Modelo Conceitual e Computacional	149
7	REFERÊNCIAS	151
8	APÊNDICES	158
8.1	Código do Modelo em NetLogo	158
8.2	Parâmetros dos Experimentos no Behaviorspace	183
8.2.1	Experimento 1	184
8.2.2	Experimento 2	188
8.2.3	Experimento 3	191
8.2.4	Experimento 4	195
8.2.5	Experimento 5	199
8.2.6	Experimento 6	202
8.2.7	Experimento 7	206

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projeto de implantação dos Institutos Senai de Inovação	5
Figura 2 – Mapa de implantação dos Institutos Senai de Inovação pelo Brasil	6
Figura 3 – Elementos de um ecossistema de inovação	25
Figura 4 – Quadrantes da ciência.....	31
Figura 5 – Modelo de elos em cadeia	35
Figura 6 – Curva de aprendizado em formato de S	41
Figura 7 – Sobreposição das curvas S de uma sucessão de tecnologias.....	42
Figura 8 – Atividades de difusão de conhecimento	48
Figura 9 – Análise de confirmação do <i>PKF</i>	50
Figura 10 – Etapas do método científico	57
Figura 11 - Componentes do modelo conceitual de ecossistema de inovação	68
Figura 12 – Tipos de conhecimento.....	75
Figura 13 – Ecossistema de inovação funcional.....	81
Figura 14 – Exemplo de ecossistema de inovação – ecossistema metal mecânico catarinense	82
Figura 15 – Exemplo de cruzamento entre entidades	95
Figura 16 – Interface gráfica do modelo computacional	99
Figura 17 – Experimento 1 – (a) Motivação para aprender – consumidores puros, ambiente estático; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros, ambiente estático; (c) Motivação para aprender – consumidores puros, ambiente dinâmico; (d) Aptidão tecnológica – consumidores puros, ambiente dinâmico	104
Figura 18 – Experimento 2 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros	106
Figura 19 – Experimento 2 – ambiente dinâmico sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros	108

Figura 20 – Experimento 3 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	109
Figura 21 – Experimento 3 – ambiente estático com integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	111
Figura 22 – Experimento 3 – ambiente dinâmico sem integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	113
Figura 23 – Experimento 3 – ambiente dinâmico com integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	114
Figura 24 – Experimento 4 – ambiente estático sem integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – geradores-difusores.....	116
Figura 25 – Experimento 4 – ambiente estático com integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – geradores-difusores.....	117
Figura 26 – Experimento 4 – ambiente dinâmico sem integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – geradores-difusores.....	118
Figura 27 – Experimento 4 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – 7 geradores-difusores.....	119

Figura 28 – Experimento 5 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	122
Figura 29 – Experimento 5 – ambiente estático com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	123
Figura 30 – Experimento 5 – ambiente dinâmico sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	125
Figura 31 – Experimento 5 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores	126
Figura 32 – Experimento 6 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores	128
Figura 33 – Experimento 6 – ambiente estático com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores	129
Figura 34 – Experimento 6 – ambiente dinâmico sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores	130

Figura 35 – Experimento 6 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores	131
Figura 36 – Experimento 7 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores; (e) Motivação em aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores geradores.....	133
Figura 37 – Interface do BehaviorSpace no NetLogo 6.0.2	184

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Capes	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
Certi	Centros de Referência em Tecnologias Inovadoras
<i>CKF</i>	<i>Consolidated Knowledge Flow</i> (Fluxo de Conhecimento Consolidado)
CNI	Confederação Nacional da Indústria
FCT	Faculdade de Ciências e Tecnologia
Fiesc	Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina
Embraco	Empresa Brasileira de Compressores
GC	Gestão do Conhecimento
<i>GIS</i>	<i>Geographic Information System</i>
<i>Gris</i>	<i>Group for Research in Interoperability of Systems</i>
<i>IPC</i>	<i>Industrial Performance Center</i>
ISI	Instituto Senai de Inovação
MBA	Modelagem / Modelos Baseados em Agentes
MBE	Modelagem / Modelos Baseados em Equações
<i>MIT</i>	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDEEC	Programa Doutoral em Engenharia Electrotécnica e Computadores (FCT/UNL)
PGEAS	Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas (UFSC)
<i>PKF</i>	<i>Perceived Knowledge Flow</i> (Fluxo de Conhecimento Percebido)
PPGECO	Programa de Pós-Graduação em Economia (UFSC)
PPGEGC	Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Conhecimento (UFSC)
PPGSND	Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (UFOPA)
PROFNIT	Programa de Pós Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação (UFOPA)
Recepeti	Rede Catarinense de Inovação
SAC	Sistema Adaptativo Complexo
Senai	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SRI	Sistema Regional de Inovação
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
Ufopa	Universidade Federal do Oeste do Pará
Ufsc	Universidade Federal de Santa Catarina
Uninova	Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias
UNL	Universidade Nova de Lisboa
<i>Uqam</i>	<i>Université du Québec à Montréal</i>

1 INTRODUÇÃO

Encontrar novas maneiras de fazer as coisas para obter melhores resultados com menos esforço é algo inerente à raça humana. Do uso do fogo, da domesticação de plantas e animais, e do uso de metais para a fabricação de armas e utensílios agrícolas à aplicação da máquina a vapor, da eletricidade, e da computação à indústria, a inovação sempre levou a raça humana a novos patamares de produtividade, conforto e capacidade de competir com tribos e nações rivais.

Por este motivo, inovação, atualmente faz parte da agenda de um país, de um estado ou de uma região, sendo também um tema de interesse na indústria e na academia. Não tem sido apenas um objeto de curiosidade e estudo, pelo contrário, tem sido alvo de programas nacionais e/ou regionais criados para promover e fomentar a inovação através da alocação de fundos e/ou concessão de benefícios (e.g. fiscais, cessão de espaço físico) que possam atrair organizações capazes de promover mudanças econômicas resultantes de ações e empreendimentos inovadores. O tema aproxima a academia do tecido industrial de uma maneira muito particular. Inovação depende, fundamentalmente, da criação de conhecimento que possa ser traduzido em elementos com o potencial de aplicação prática.

No entanto, apesar de todos os esforços e incentivos, nem sempre se consegue obter bom desempenho inovativo, mesmo em lugares onde aparentemente todos os elementos – demanda, capital de risco, ciência e indústria – estão aparentemente presentes. Da mesma forma que se juntarmos água, carbono e sais minerais não necessariamente obteremos vida, apenas criar condições parece não ser suficiente para que inovações sejam produzidas. Neste trabalho busca-se um novo ponto de vista para abordar o problema, observando-o não do ponto de vista da maturidade da nova tecnologia em função da incumbente, da existência de universidades, empreendedores e de capital de risco, mas do ponto de vista dos fluxos de conhecimento que são necessários para que estes elementos tenham efeito.

1.1 Objetivo do Trabalho

Este trabalho visa criar um modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento. O modelo inclui tipos relevantes de conhecimento e seu fluxo entre os atores de um ecossistema, assim como elementos importantes do ambiente onde estes elementos estão inseridos.

Importa identificar os papéis essenciais dentro de um ecossistema de inovação e, do ponto de vista do fluxo de conhecimento, caracterizar as relações necessárias para que as entidades executando estes papéis possam formar um ecossistema capaz de constante mudança tecnológica.

1.2 Resultados Esperados

Além do objetivo primário acima exposto este trabalho também pretende gerar outros resultados secundários, importantes tanto para a maturação do trabalho como para sua divulgação. São estes:

- **resultados científicos:** (i) um modelo conceitual de ecossistemas de inovação focado em fluxos de conhecimento e, (ii) publicações em periódicos e conferências relevantes na área;

- **resultados técnicos:** (i) definições técnicas do modelo de simulação e a implementação do simulador e, (ii) simulações e análises técnicas sobre cenários de ecossistemas de inovação;

- **resultados tecnológicos:** (i) uma plataforma computacional para a simulação dos referidos ecossistemas de inovação e, (ii) provas de conceito baseadas em ambientes computacionais que ajudem a validar os conceitos propostos nesta tese;

- **resultados acadêmicos:** (i) minicursos; (ii) palestras associados ao desenvolvimento desta tese e; (iii) o enquadramento de dissertações de mestrado e de trabalhos de conclusão de curso de graduação associados ao desenvolvimento desta tese, em especial na seleção do método e das ferramentas computacionais que serão utilizadas para implementar a simulação.

1.3 Motivação

Este trabalho se arvora em uma tripla motivação: científica, social e pessoal.

A motivação científica é a de preencher a lacuna nas teorias e modelos pesquisados durante a revisão bibliográfica deste trabalho quanto ao fluxo de conhecimento em ecossistemas de inovação. É indiscutível que o conhecimento é fundamental para a inovação, e praticamente todos os modelos e teorias que visam explicar a prosperidade de regiões e a mudança tecnológica o mencionam como tal. No entanto, estas teorias não especificam os principais tipos de conhecimento fluem entre as entidades envolvidas, assim como a maneira como estes fluxos ocorrem, em parte porque muitas destas foram desenvolvidas dentro de fronteiras disciplinares. Como decorrência, boa parte das políticas e dos esforços baseados nestas teorias visa apenas garantir a existência dos atores, como empresas, universidades, bancos, agências de fomento e outros sem, contudo, observar outros fatores necessários para que estes interajam de forma continuada.

A motivação social apoia-se em gerar conhecimento que possa auxiliar entidades do governo, da academia, da iniciativa privada e da sociedade a compreender como seus esforços podem ser traduzidos em melhoria de qualidade de vida, em soluções para os problemas locais e globais, e em prosperidade de maneira que estes esforços, que se traduzem em tempo, dinheiro e trabalho de todos, possam ser bem aplicados.

Já a motivação pessoal vem não apenas da curiosidade do pesquisador, mas também da sua profissão de professor universitário e de seu passado como empresário. É clara para o mesmo a necessidade de integração entre os atores para que se obtenha o melhor resultado dos esforços do governo, da academia, da iniciativa privada e da sociedade civil.

Além dos motivos expostos, esta tese atende aos objetivos da linha de pesquisa “Gestão do Conhecimento e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável” do Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Sua base teórica é interdisciplinar, tal como a natureza deste programa, apoiando-se nos corpos de conhecimento da biologia, da administração, da filosofia, e em especial da economia, da gestão do conhecimento e da computação. Enquadra-se, portanto, na referida linha de pesquisa tanto em termos de bases de conhecimento utilizadas como em objetivos e aplicação. Atende também aos objetivos do Programa de Doutoral em Engenharia Electrotécnica e Computadores (PDEEC) da Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL), co-tutor deste trabalho, em sua

linha de pesquisa “Sistemas Computacionais e Percepcionais”, ao usar um paradigma de modelagem computacional como parte da solução do problema em questão.

1.4 Delimitação do Problema

Em linhas gerais, este trabalho trata de ecossistemas de inovação. Seu tema são os fluxos de conhecimento que ocorrem nestes ecossistemas com a finalidade de criar, disseminar, absorver e aplicar mudanças tecnológicas. O conceito e o modelo elaborados são genéricos, podendo ser instanciados em diversos casos, e visam observar a dinâmica das atividades de conhecimento em um ambiente a fim de classificá-lo ou não como um ecossistema de inovação.

1.5 Problema de Pesquisa e Hipóteses

1.5.1 Problema de Pesquisa

Representar conceitualmente um ecossistema de inovação do ponto de vista de seus fluxos de conhecimento.

1.5.2 Hipóteses

1. As entidades em um ecossistema de inovação são independentes, autônomas e fortemente inter-relacionadas pela troca de conhecimento entre elas.
2. As entidades em um ecossistema de inovação são afetadas pelas condições de contorno do ecossistema.

1.6 Contexto do Trabalho

Este doutoramento é fortemente inspirado pelo projeto “*Catalyzing Innovation in Brazil*”, conduzido pelo Senai, pelo *Industrial Performance Center – IPC* do *Massachusetts*

Institute of Technology – MIT dos EUA, e pelo *Fraunhofer Gesellschaft* da Alemanha, focado no tema “inovação para a indústria brasileira” (Figura 1).



Figura 1 – Projeto de implantação dos Institutos Senai de Inovação
Fonte: Lima (2015)¹

Com duração prevista de cinco anos, o projeto tem como principal objetivo a estruturação da rede de Institutos Senai de Inovação (ISI), cujo mapa pode ser observado na Figura 2. O principal objetivo dos institutos é aumentar a produtividade e a competitividade da indústria brasileira, com foco em desenvolvimento e inovação de produtos. Para tanto, os institutos serão especializados em áreas transversais (SENAI, 2017).

Elaborado originalmente em um programa interdisciplinar, esta tese contou com disciplinas e a orientação de quatro programas de doutoramento - o Programa de Pós Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento (PPGSND) da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa); o Programa de Pós Graduação em Economia (PPGECO) e o Programa de Pós Graduação em Engenharia do Conhecimento (PPGEGC) da Universidade Federal de Santa Catarina (Ufsc), situados em Florianópolis / SC onde existe um vibrante ecossistema de inovação com forte participação da academia, do Estado e da iniciativa privada, inclusive dos professores das disciplinas realizadas, diretamente envolvidos com a Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina (Fiesc) e com a Rede Catarinense de Inovação (Recepeti), respectivamente; e o Programa Doutoral em Engenharia Electrotécnica e Computadores (PDEEC) da Faculdade de Ciência e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova

¹ Lima, C. *Short talk in Berlin about potential links between IPC & Fraunhofer, Meeting Senai – Fraunhofer IPK, June 2015.*

de Lisboa (UNL), referência internacional em simulação da interoperabilidade de sistemas organizacionais. Na UNL, o trabalho foi desenvolvido junto à equipe do *Group for Research in Interoperability of Systems (Gris)* no Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias (Uninova), e contou com o apoio de uma experiente equipe em projetos interorganizacionais, programação, gestão do conhecimento e modelagem computacional.

O trabalho, assim como a visão do autor, se beneficiou da visão dos professores dos referidos programas, dos colegas de aula e de trabalho e da experiência de imersão nestes ambientes onde os fenômenos alvo deste trabalho puderam ser observados muito proximamente.

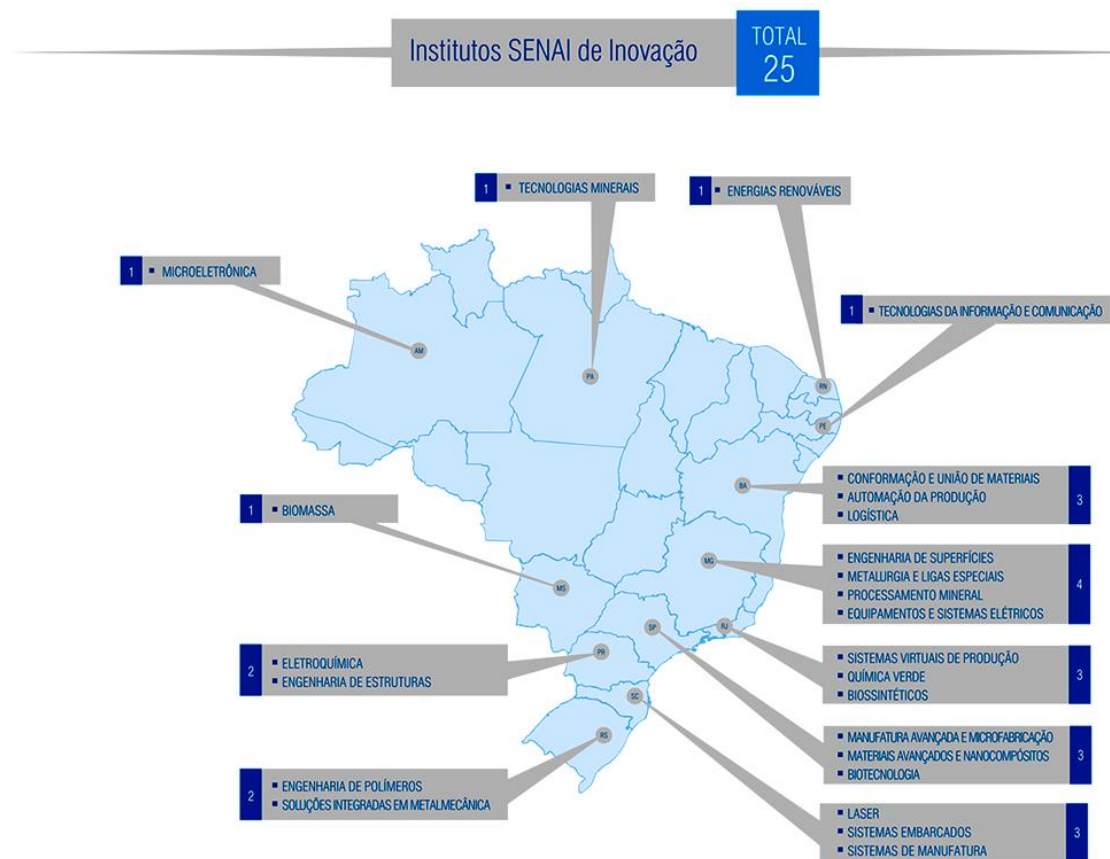


Figura 2 – Mapa de implantação dos Institutos Senai de Inovação pelo Brasil
Fonte: Senai (2017)

1.7 Contextualização Científica

O termo ecossistemas de inovação tem ganho grande destaque em anos recentes. O volume de uso do termo, seja em livros, artigos ou outros meios aumentou exponencialmente nas últimas duas décadas (HWANG, 2014). Há aqueles que criticam o uso da analogia (OH et al., 2014) e há aqueles que a defendem (RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017), mas é inegável o crescimento de seu uso e utilidade como estrutura para explicar ambientes de inovação de forma científica, como se pode observar em diferentes trabalhos (ADNER; KAPOOR, 2016; DURST; POUTANEN, 2013; GAWER; CUSUMANO, 2014; SHAW; ALLEN, 2015).

Dentre estes, observa-se também aqueles que destacam papéis a serem desempenhados para que um ecossistema de inovação funcione adequadamente (DEDEHAYIR; MÄKINEN; ROLAND ORTT, 2016; ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000). Os papéis descritos nestes trabalhos, no entanto, não explicam como o conhecimento se transforma e se difunde até finalmente serem adotados como inovações, mesmo quando o foco do modelo é o fluxo de conhecimento (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2009). O objetivo deste trabalho, portanto, é preencher esta lacuna com um modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseados em fluxos de conhecimento, onde as entidades, seus papéis, suas características, relações e ambiente são descritos do ponto de vista do fluxo de conhecimento, e não como sua atuação em um setor como academia, governo ou indústria (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2009; ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000) ou como líder, fornecedor, usuário empreendedor, regulador ou outro (DEDEHAYIR; MÄKINEN; ROLAND ORTT, 2016).

Considera-se que estas entidades estão imersas em um ambiente em constante evolução, o que as leva a se adaptarem constantemente, o que caracteriza o ecossistema como um Sistema Complexo Adaptativo. Utilizou-se, portanto, a abordagem multiagentes de simulação computacional para a implementação do modelo para os fins desta tese, também já utilizada e comprovada em outros trabalhos de modelagem de ecossistemas (CARAYANNIS; PROVANCE; GRIGOROUDIS, 2016; ENGLER; KUSIAK, 2011). Este trabalho, no entanto, se diferencia destes por caracterizar o conhecimento a ser transmitido de maneira diferente, incluindo não apenas as características da tecnologia utilizada em produtos e processos, mas também as sócio tecnologias envolvidas em seus modelos de negócio, unindo as expressões de genoma utilizadas nos trabalhos de Engler e Kusiak (2011) e Shaw e Allen (2015) com as ideias de Bunge (1997, 1998), além de permitir que os agentes aprendam com os resultados de

suas interações, avaliados de acordo com o ganho de aptidão em relação à demanda do ambiente ou com o aprendizado obtido.

A representação dos fluxos foi inspirada em trabalhos como os de Huang, Wei e Chang (2007), e Labiak Jr. (2012) no entanto considera para o instanciamento dos fluxos, além de fluxos involuntários de conhecimento, as percepções de confiança entre os atores, como descrito no trabalho de Msanjilla (MSANJILA, 2009).

Os conceitos aqui descritos, assim como o modelo, serão melhor esclarecidos e contextualizados ao longo da tese.

1.8 Estrutura do Documento

O presente documento está organizado em cinco capítulos, seguidos pelas referências, e apêndices utilizados.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica do trabalho, incluindo os conceitos de Ecossistemas de Inovação, Conhecimento, e Sistemas Complexos Adaptativos, além de uma síntese e análise crítica da revisão.

O terceiro capítulo traz a metodologia utilizada para a pesquisa, uma introdução à modelagem computacional baseada em agentes e a metodologia de modelagem utilizada.

O quarto capítulo descreve o modelo conceitual de ecossistema de inovação baseado em fluxo de conhecimento. Apresenta uma visão geral do trabalho e detalha o modelo proposto.

O quinto capítulo discute o instanciamento do modelo computacional que servirá como prova de conceito, com o *framework* tecnológico, as premissas do modelo, seus mecanismos, o detalhamento dos experimentos realizados e seus resultados, assim como a discussão dos mesmos.

O sexto e último capítulo traz um resumo da tese, apresenta um resumo deste trabalho, as conclusões, os resultados obtidos ao longo do mesmo e as sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ecossistemas de Inovação

O termo ecossistema vem sendo cada vez mais utilizado em textos e livros oriundos de diferentes disciplinas, especialmente se combinada a uma segunda palavra qualificadora (HWANG, 2014). Neste trabalho, o interesse recai sobre o conceito de “Ecossistemas de Inovação”, que, por ser relativamente novo ainda não configura exatamente um campo de pesquisa (DURST; POUTANEN, 2013). Daí que uma definição clara e única do termo também ainda não emergiu, o que tornou necessária uma discussão acerca de diferentes rótulos como: plataformas de liderança, estratégias chave, inovação aberta, redes de valor e organizações hiperconectadas (ADNER, 2006). Dentre outros aspectos, chama atenção a importância dos fluxos de conhecimento para a sustentabilidade de um ecossistema de inovação.

É perceptível a variação do conceito em textos de diferentes autores. Ao mesmo tempo, é consenso entre as diferentes definições abordadas que um ecossistema é composto por diferentes elementos que podem ter mais ou menos importância dependendo do ecossistema, mas que devem estar presentes para o bom funcionamento do mesmo. Estes componentes possuem inter-relações, possuem algum grau de dependência um do outro, e desempenham diferentes papéis no processo de inovação, para o qual o fluxo de conhecimento é relevante para a criação, a difusão e a implementação destas inovações.

Pretende-se com esta seção, portanto, reunir diferentes conceitos do termo para compreender suas diferentes formas e diferenciá-lo de conceitos relacionados como aglomerações, *clusters* e sistemas de inovação. Almeja-se também definir sua abrangência, seus principais componentes e o papel destes dentro do ecossistema no que tange ao fluxo de conhecimento.

2.1.1 Conceitos Relacionados

Para que seja possível compreender o termo “ecossistema de inovação” torna-se interessante antes entender o conceito das palavras que o formam e, portanto, a analogia que deu origem ao termo. É interessante também definir brevemente os conceitos relacionados ao funcionamento de regiões economicamente dinâmicas que lhe precederam e influenciaram, como aglomerações, *clusters* e sistemas de inovação (ANDERSEN, 2011).

2.1.1.1 *Ecossistemas na biologia*

A palavra ecossistema é formada pela junção das palavras gregas *oikos*, que significa casa, e *systema*, e quer dizer o sistema onde se vive. Um sistema pode ser definido com base em três características (INGELSTAM, 2002 apud EDQUIST; HOMMEN, 2008): (i) inclui componentes e suas inter-relações, que devem formar um todo coerente, com propriedades que podem ser distintas daquelas de seus constituintes; (ii) desempenha uma função, posto que o sistema deve desempenhar ou obter algo; e (iii) possui fronteiras, que tornam possível discriminar o sistema do resto do mundo, ou seja, de seu ambiente (EDQUIST, 2005 apud EDQUIST; HOMMEN, 2008).

O termo foi utilizado pela primeira vez em um debate sobre a natureza das comunidades biológicas pelo ecologista britânico Arthur G. Tansley, em 1935 (CHRISTIAN, 2009). De lá para cá ganhou força e vem sendo amplamente utilizado. Existem diferenças entre suas definições segundo diferentes autores, no entanto é consenso que se trata de uma comunidade de organismos vivos vivendo em conjunção com componentes abióticos (como água, ar, minerais do solo), em constante interação. Estas interações ocorrem de várias formas, de maneira que componentes bióticos e abióticos são conectados por fluxos de energia, de matéria e de informação (BEGON; TOWNSEND; HARPER, 2006; CHRISTIAN, 2009; ODUM; BARRET, 2004). Alguns conceitos consideram ainda que um ecossistema possui alguma capacidade de autorregulação, para a manutenção de sua estabilidade e sustentabilidade (CHRISTIAN, 2009).

Pode-se considerar como ecossistemas conjuntos de vários tamanhos e tipos (TANSLEY, 1935, apud CHRISTIAN, 2009), identificáveis como pertinentes a uma determinada área geográfica (ODUM; BARRET, 2004). No entanto, de acordo com Christian (2009), nem todos os autores concordam com a definição de lugares específicos, alegando que o tamanho e o local não são críticos, e sim os ciclos e os caminhos da energia, da matéria e da informação dentro do ecossistema. Allen e Hoekstra (2015) afirmam que ecossistemas

usualmente não podem ser associados a um lugar, não pela ausência de fronteiras no espaço, mas porque estas fronteiras são dinâmicas. Ecossistemas com fronteiras e elementos delimitados nem mesmo existiriam no mundo real, pois tudo está conectado, sendo esta noção apenas um conceito útil que confere algum poder preditivo. O entendimento do que é um ecossistema depende, portanto, do ponto de vista do qual é estudado, definindo um “ecossistema funcional” que enfatiza processos ao invés de estruturas. Desta forma poder-se-ia considerar como um ecossistema toda a biosfera, um lago, ou mesmo o estômago de um cupim (ALLEN; HOEKSTRA, 1992 apud CHRISTIAN, 2009).

Outro aspecto digno de nota é o fato de que ecossistemas em ambientes similares podem possuir características bem diferentes simplesmente porque possuem espécies diferentes. Seguindo o mesmo raciocínio, pode-se deduzir que a introdução de espécies não nativas pode causar mudanças substanciais no funcionamento do ecossistema. Begon et al. (2006) frisam que existe uma diversidade de maneiras pelas quais uma única espécie pode afetar comunidades de espécies e o ecossistema como um todo. Não se trata apenas de relações de competição, predação e parasitismo, mas também de relações de facilitação. Há também espécies de importância desproporcional à sua população, as “espécies-chave”, que são aquelas que possuem consequências profundas e de longo alcance no ecossistema.

Fatores externos e internos também influem sobre as características do ecossistema. Fatores externos são aqueles que determinam a estrutura e a forma como as coisas funcionam no interior do ecossistema, mas não são influenciados pelo mesmo, como por exemplo, o aporte de energia solar. Fatores internos são aqueles que não apenas influenciam processos do ecossistema como também são influenciados por eles, e frequentemente estão sujeitos a múltiplas alças de retroalimentação.

Pela robustez explicativa e diversidade de mecanismos relacionados a ecossistemas estudados no campo da Biologia, percebe-se a grande utilidade do seu corpo de conhecimentos para explicar, através de analogias, os fenômenos observados nos campos da economia e da administração (DURST; POUTANEN, 2013; HWANG; HOROWITT, 2012), justificando a popularidade do termo “Ecossistema de Inovação”. Resta, portanto, apresentar o termo inovação, tal como utilizado neste trabalho.

2.1.1.2 Inovação

Schumpeter afirmou na década de 40 que o capitalismo é o motor do progresso tecnológico, ou em outros termos, da inovação (COOKE; URANGA; ETXEBARRIA, 1997; NELSON, 1990). Empresas, em competição pelo lucro, criariam novas tecnologias para obter vantagens competitivas que, nas palavras de Schumpeter, são tão mais eficazes do que competir por preço que “seria como um bombardeio se comparado a forçar uma porta”. Na visão de Schumpeter, os principais atores da inovação eram os empreendedores individuais e, posteriormente, as grandes corporações e seus departamentos de P&D (COOKE et al., 2011). Ao mercado cabia a seleção das inovações e das empresas vencedoras. Hoje o contexto da inovação é muito mais amplo. Diversos outros atores são vistos como tão ou mais importantes, dependendo da corrente de pensamento e do contexto. A visão de Schumpeter, com suas limitações e seus grandes *insights*, é fruto de seu tempo, antes dos efeitos das recentes ondas e em uma época em que havia poucos estudos sobre a mudança tecnológica. Hoje, como aponta Nelson (1990), há muitos.

O Manual de Oslo (OCDE, 2005) define inovação como “*a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas*”. Já Senge (2006) define inovação como uma “*ideia que pode ser replicada de maneira confiável em uma escala significativa a custos praticáveis*”.

Um detalhe importante é que o produto, o processo ou o método deve ter sido implementado para ser considerado como uma inovação. “*Um produto novo ou melhorado é implementado quando introduzido no mercado. Novos processos, métodos de marketing e métodos organizacionais são implementados quando eles são efetivamente utilizados nas operações das empresas*”. Uma ideia testada em laboratório, mas não implementada é ainda uma invenção, e não deve ser confundida com uma inovação (METCALFE; RAMLOGAN, 2005). Durst e Poutanen (2013) acrescentam que estas novas ideias, soluções e melhoramentos em produtos, processos e métodos, além de implementados, devem ser adotados de maneira útil e benéfica.

Inicialmente, esta definição nos leva a pensar que apenas aquilo que é novo, que nunca foi feito antes, pode ser considerado como uma inovação. No entanto, o Manual de Oslo (OCDE, 2005) considera como dimensões da inovação o seu grau de novidade e difusão. Segundo estas dimensões uma inovação pode ser nova para a empresa, nova para o mercado ou nova para o mundo. Com isto, uma organização pode ser considerada inovadora ao adotar

um produto, processo ou método novo para ela, ainda que o mesmo já seja adotado amplamente em outra parte do planeta, ou mesmo por outras organizações em seu próprio mercado. Isto permite que a metodologia do manual identifique os agentes que desenvolvem e os que adotam as inovações, examinando padrões de difusão.

Cooke et al. (1997) vão além e se juntam a autores que definem inovação de maneira mais ampla incluindo no conceito, além de mudanças organizacionais, a mudança no comportamento e na forma como diferentes agentes se relacionam em um sistema. Inovação pode ser entendida de maneira mais holística à medida que o conhecimento flui em múltiplas direções de maneira interativa. No trabalho destes autores, inovação também é entendida como mudança institucional (PAVITT; PATEL, 1988; DALUM et al., 1988; EDQUIST; JAKOBSSON, 1988 apud COOKE; URANGA; ETXEBARRIA, 1997). Para eles, da mesma forma que a difusão de tecnologia requer mudanças no mundo da produção, a mudança técnica só é possível se acompanhada por mudanças culturais ou de hábitos e rotinas no campo do consumo e da própria sociedade.

Pode-se, portanto, antecipar que o termo ecossistema de inovação busca explicar atividades inovadoras cooperativas entre elementos que se relacionam em um ambiente comum, enfatizando forças motoras como nichos de recursos e adaptação, assim como processos evolucionários dinâmicos, como a variação, e a seleção. (DURST; POUTANEN, 2013).

2.1.1.3 Aglomerações e distritos industriais

Marshall introduziu em 1890 o conceito de aglomerações para explicar as vantagens obtidas por empresas do mesmo ramo que se aglomeravam e com isto obtinham vantagens competitivas. O conceito marshalliano de retornos crescentes que são externos à firma, mas internos à indústria, eram baseados no aumento da especialização e da divisão do trabalho (LEMONS; SANTOS; CROCCO, 2005; MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011; ROMER, 1986).

Tais economias externas são decorrentes da proximidade geográfica entre as firmas da aglomeração, também conhecida pelo termo “distrito industrial”, que cria vantagens através de: (i) encadeamentos produtivos na forma de trocas intersetoriais, com o surgimento de fornecedores de insumos com eficiência de escala; (ii) formação de um *pool* de trabalhadores com qualificação específica acumulada pela experiência; e (iii) ganhos tecnológicos via

transbordamentos de conhecimento relevante, quer seja pela mobilidade intradistrito da força de trabalho, quer seja pela interação entre fornecedores e usuários, facilitados pela proximidade geográfica entre as empresas (COOKE et al., 2011; LEMOS; SANTOS; CROCCO, 2005; MONASTERIO; CAVALCANTE, 2011). De acordo com Marshall (apud FREEMAN, 1995; LEMOS; SANTOS; CROCCO, 2005), os distritos industriais eram o local onde “os segredos da indústria estavam no ar”.

Estes ganhos também são percebidos em ecossistemas de inovação que, no entanto, não se limitam a eles. Ecossistemas de inovação, quando aglomerações locais, assemelham-se a aglomerações inovadoras, baseadas em externalidades schumpeterianas.

Lemos et al. (2005) afirmam que a diferença é que as aglomerações inovadoras, mais alinhadas ao conceito de sistema local de inovação, são capazes de criar um ambiente inovador caracterizado por: (a) elevada capacidade gerencial e adaptativa; (b) elevado número de pessoas engajadas em atividades de *design* e inovação; (c) nível acima da média de qualificação da mão de obra; (d) recorrentes trocas de pessoal entre fornecedores e usuários, e entre firmas estabelecidas e *startups* e *spin-offs*; (e) encadeamentos à jusante, à montante, e horizontais extensivos; (f) presença de associações de classe e comerciais dedicadas à qualificação da força de trabalho e à capacitação tecnológica das firmas, além da assistência de rotina às atividades produtivas, técnicas, comerciais e financeiras; e (g) intensa cooperação entre firmas competidoras (para compartilhar riscos e inovações e para estabilizar o mercado) e entre usuários e produtores (e.g. no desenvolvimento de produtos e processos, na troca de conhecimentos e na capacitação para o uso). Estas relações de cooperação se sustentam a médio e longo prazos, pois estão baseadas em relações de confiança altamente desenvolvidas e sedimentadas.

Ao longo dos anos o conceito de aglomerações recebeu muitas contribuições e refinamentos, e ganhou grande impulso na década de 90 com os trabalhos de Michael Porter (LEMOS; SANTOS; CROCCO, 2005).

2.1.1.4 Clusters

O trabalho de Porter retoma especialmente a contribuição de Marshall para analisar, em uma perspectiva macro, as vantagens competitivas de países baseadas em economias externas de aglomeração (ANDERSEN, 2011; LEMOS; SANTOS; CROCCO, 2005). Suas

ideias alcançaram ampla aceitação e são a base de várias políticas industriais ao redor do globo (ANDERSEN, 2011).

Para Porter (1998, 2008), *clusters* são concentrações geográficas de firmas que atingiram uma massa crítica de empresas e instituições interconectadas. Tais concentrações são muito bem sucedidas em uma determinada área de atuação. Incluem fornecedores de insumos, serviços e infraestrutura especializados, assim como instituições governamentais, universidades, agências reguladoras, provedores de treinamento vocacional, associações de comércio, instituições de pesquisa, entre outros. Assim como as aglomerações antes descritas, frequentemente se estendem a jusante na cadeia até os clientes, a montante até os fornecedores, assim como lateralmente para fabricantes de produtos complementares e para empresas em indústrias relacionadas através de habilidades, tecnologias ou insumos em comum.

Portanto, dentro deste conceito o papel da localização continua fundamental para a competitividade, no entanto de uma forma diferente dos tempos de Marshall. Em teoria, os atuais mercados globais mais abertos, os meios de transporte e comunicação mais rápidos e baratos, e as ferramentas de gestão corporativa amplamente difundidas deveriam diminuir o papel da localização na competição. Afinal, hoje as empresas podem conseguir insumos baratos em fontes do outro lado do globo e ter acesso à informação com relativa facilidade. No entanto, para Porter as vantagens competitivas duradouras em uma economia global estão baseadas em aspectos localizados como conhecimento tácito acumulado, relacionamentos próximos e motivação que rivais distantes não conseguem imitar (PORTER, 1998a).

A competição moderna depende de produtividade e não apenas de acesso facilitado a insumos ou da escala de uma empresa em particular. A produtividade, por sua vez, depende da qualidade do ambiente de negócios local, de boa infraestrutura, de trabalhadores bem qualificados, da existência de um sistema legal confiável, de pouca burocracia e baixos impostos. Em economias avançadas, os aspectos mais decisivos deste ambiente são específicos de um determinado *cluster*, criando vantagens competitivas localizadas difíceis de serem reproduzidas em outro lugar.

Clusters também podem ser vistos como uma forma alternativa de se organizar a cadeia de valor, com mercados próximos e integração vertical entre empresas independentes e informalmente conectadas. Apesar da relativa informalidade das relações, a proximidade entre as empresas e as instituições, assim como as recorrentes trocas entre estes elementos, dá suporte a uma melhor coordenação e ao surgimento de fortes relações de confiança. Fazendo

parte de um *cluster* as empresas obtêm, de maneira natural, as vantagens de relações próximas sem a rigidez da integração vertical da cadeia pela própria empresa e sem os desafios gerenciais de criar e manter conexões formais como redes, alianças e parcerias, obtendo ganhos de produtividade como se operassem em maior escala. As barreiras à entrada e à saída de novas empresas também são reduzidas, pela elevada concentração de fornecedores, clientes, mão de obra, capital, dentre outros, diminuindo os riscos e os investimentos necessários.

Outro aspecto frisado por Porter (1998) é a necessidade de que haja competição. A proximidade dos concorrentes permite que a empresa avalie mais facilmente o seu desempenho relativo no mercado. A rivalidade local e a necessidade de afirmação perante os pares são elementos altamente motivadores para que a empresa inove e evite um comportamento rentista. Além disso, a inovação em um *cluster* é vital para o crescimento futuro da produtividade, que como já citado, é fundamental para a competitividade. Outro aspecto que facilita a inovação é a presença de compradores sofisticados em um *cluster*, que garantem aos produtores acesso às necessidades do mercado de forma mais fácil do que se estivessem isolados. A proximidade facilita visitas e permite o contato cara a cara frequente, permitindo rápida reação a mudanças nas necessidades dos clientes. Porter (1998) assevera que uma localidade entrará em declínio se ela falhar em construir capacidades em novas tecnologias ou em instituições e firmas de suporte.

Isto porque *clusters* devem evoluir continuamente à medida que novas empresas ou indústrias surjam, à medida que indústrias tradicionais entrem em declínio, e à medida que as instituições locais se desenvolvam e mudem. Apesar de *clusters* bem sucedidos serem capazes de se manter prósperos por décadas, ameaças externas como descontinuidades tecnológicas ou grandes mudanças nas necessidades dos compradores podem neutralizar diversas vantagens competitivas simultaneamente. Ameaças internas, como restrições à competição, inflexibilidade regulatória, foco exagerado apenas nas necessidades das empresas do *cluster*, *lock in*² coletivo e o declínio da qualidade de instituições como universidades também podem ser ameaças à prosperidade de um *cluster* (PORTER, 1998b, 2008).

Engel (2015) afirma que a teoria de Porter explica como áreas especializadas em uma determinada indústria obtêm vantagens competitivas através de economias de escala e redução de custos de transação, mas não explica como *clusters* altamente inovadores são

² *Lock in* é um termo que descreve a inabilidade de uma empresa em entrar ou sair de um mercado, seja por conta de sua qualificação, da tecnologia utilizada, de altos investimentos irrecuperáveis necessários à entrada no mercado, ou incapacidade de perceber mudanças no ambiente.

capazes de sustentar continuamente a emergência de firmas de alto crescimento, algumas das quais divergentes da concentração original de negócios. Ainda assim, o conceito de *clusters* de Porter (1998) é visto como um dos componentes necessários para construção de um ecossistema de inovação versátil (OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014).

Segundo Engel (2015), os *clusters* de inovação, que são mais próximos do conceito de ecossistemas de inovação, são *hot spots* econômicos globais onde novas tecnologias germinam a elevadas taxas e onde *pools* de capital, expertise e talento dão suporte ao desenvolvimento de novas indústrias e a novos modelos de negócios. Tais *clusters* são ecossistemas muito dinâmicos compostos por *startups* e organizações que lhes dão suporte, assim como por empresas maduras que muitas vezes evoluíram rapidamente a partir de *startups* recentes.

Para definir este tipo de *cluster*, Engel e Del-Palacio (2009) expandiram o conceito de Porter para criar um *framework* de *clusters* globais de inovação, que são *clusters* definidos primariamente não pela sua especialização industrial, mas pelo seu estágio de desenvolvimento e inovação de seus constituintes. Nestes *clusters* outros benefícios de aglomeração predominam. São caracterizados por ativos móveis, como dinheiro, pessoas e informação (incluindo *know-how* e propriedade intelectual), que facilitam a inovação rápida através da formação de novos empreendimentos, da experimentação, da escalabilidade, da tolerância a falhas, e da urgência demandada pela competição e pela limitação de recursos (FREEMAN; ENGEL, 2007 apud ENGEL; DEL-PALACIO, 2009).

2.1.1.5 Sistemas de Inovação

As abordagens sistêmicas surgiram como uma alternativa ao modelo linear de inovação, no qual os fluxos de conhecimento se iniciam na ciência e seguem um número relativamente sequencial de etapas até gerar inovações e tecnologias. Segundo a abordagem sistêmica, ideias para inovação podem vir de múltiplas fontes e surgir em qualquer estágio da pesquisa, desenvolvimento, marketing e difusão, como resultado de interações complexas e de várias alças de retroalimentação entre diversos atores e instituições (OECD, 1997).

De acordo com esta corrente de pensamento, a empresa inovadora opera em uma complexa rede formada por diversas instituições e por empresas que cooperam e competem entre si. O conceito de “Sistemas de Inovação” foi introduzido inicialmente como “Sistemas Nacionais de Inovação” na metade da década de 80, no contexto de debates sobre política

industrial na Europa (SHARIF, 2006). Cada país tem o seu próprio perfil de governança para as empresas, organização da educação de nível superior e perfil de investimento em ciência, com grandes diferenças nos papéis e relevância das diferentes instituições, resultando, portanto, em diferentes sistemas nacionais de inovação (OECD, 1997). No entanto, isto também é verdade para diferentes regiões dentro de um país, assim como para suprarregiões da qual um país faz parte. Posteriormente o *framework* também foi aplicado a outros domínios geográficos, como sistemas regionais, locais e internacionais, para melhor refletir as idiossincrasias de cada corte geográfico (OCDE, 2005).

Freeman (1995) credita a Lundvall o primeiro uso do termo, mas ambos concordam que a ideia já existia pelo menos desde 1841, no conceito de “Sistema Nacional de Política Econômica” de Friedrich List. Atualmente há uma quantidade de definições para o termo, e a OECD (1997) reúne alguns dos mais influentes no Quadro 1.

Quadro 1 – Conceitos de Sistemas Nacionais de Inovação

Autor	Conceito
Freeman (1987)	“... a rede de instituições nos setores público e privado cujas atividades e interações iniciam, importam, modificam e difundem novas tecnologias.”
Lundvall (1992)	“... os elementos e relacionamentos que interagem na produção, difusão e uso de conhecimento novo e economicamente útil ... e estão localizadas ou enraizadas dentro das fronteiras de uma nação-estado.”
Nelson (1993)	“... um conjunto de instituições cujas interações determinam o desempenho inovador ... de empresas nacionais.”
Patel e Pavitt (1994)	“... as instituições nacionais, suas estruturas de incentivo e suas competências, que determinam a taxa e a direção do aprendizado tecnológico (ou o volume e a composição das atividades geradoras de mudança) em um país.”
Metcalf (1995)	“... o conjunto de instituições distintas que, em conjunto ou individualmente, contribuem para o desenvolvimento e a difusão de novas tecnologias e que fornecem o <i>framework</i> dentro dos quais governos formam e implementam políticas para influenciar o processo da inovação. De tal forma, é um sistema de instituições interconectadas para criar, armazenar e transferir o conhecimento, as habilidades e os artefatos que definem novas tecnologias.”

Fonte: OECD (1997)

Há uma boa dose de sobreposição entre os conceitos, mas também há diferenças importantes. Em alguns casos os conceitos podem parecer quase idênticos no papel, mas são muito diferentes na prática, pois seus autores definem de forma distinta termos chave dos conceitos, como por exemplo, o termo “instituição”³ (EDQUIST; HOMMEN, 2008).

³ Freeman define instituições como organizações ou atores, e Lundvall as define como as “regras do jogo”, formadas por aspectos culturais, hábitos, normas, rotinas, práticas estabelecidas, regras e leis, que regulam as interações entre indivíduos, grupos e organizações. Organizações, por sua vez, seriam estruturas formais conscientemente criadas com um propósito específico. (EDQUIST; HOMMEN, 2008).

Esteja o foco na estrutura de produção e no contexto institucional (LUNDVALL, 1992 apud EDQUIST; HOMMEN, 2008) ou em organizações de suporte à P&D e outras que promovem a criação e a disseminação de conhecimento (Nelson e Rosenberg, 1993 apud EDQUIST; HOMMEN, 2008), os conceitos envolvem atores, relações e fatores determinantes ou que influenciam os processos de inovação. No entanto, ainda não há consenso a respeito destes determinantes, contribuindo para ausência de um conceito geralmente aceito (NIOSI, 2002 apud EDQUIST; HOMMEN, 2008). Excluir um determinante potencial ou outro pode significar excluir uma grande parte do fenômeno e, portanto, isto deve ser feito com atenção às razões da exclusão. Percebendo o impasse, Edquist (1997 apud EDQUIST; HOMMEN, 2008) propõe uma definição mais geral que inclui “*todos os fatores econômicos, sociais, políticos, organizacionais, institucionais e outros que influenciam o desenvolvimento, a difusão e o uso de inovações*”.

O fato é que à medida que as atividades econômicas se tornarem mais intensivas em conhecimento, um número cada vez maior de organizações especializadas de vários tipos estarão envolvidas na produção e difusão do conhecimento. O sucesso das empresas e das economias nacionais depende do fluxo e do uso de conhecimento gerado por essas organizações, de sua diversidade e de sua qualidade (OECD, 1997).

Como anteriormente mencionado, o *framework* da abordagem sistêmica pode ser aplicado a diferentes cortes geográficos. Isto seria mais fiel à realidade, posto que sistemas nacionais, regionais, setoriais e locais podem existir em sobreposição, e políticas podem ser desenvolvidas de acordo com as idiossincrasias dos referidos cortes. Enquanto houver leis, políticas e práticas comuns a todas as organizações dentro de fronteiras nacionais, assim como grandes distinções entre os recursos disponíveis, aspectos culturais, leis e vocação industrial entre as diferentes regiões, localidades, ou mesmo setores industriais (que podem transcender uma nação), todos os cortes terão seu valor (CARLSSON; STANKIEWCZ, 1995 apud COOKE; URANGA; ETXEBARRIA, 1997). É possível também considerar que uma mesma localidade/indústria faça parte e seja influenciada por diferentes sistemas de inovação.

Sharif (2006), em sua pesquisa a respeito das origens do conceito de sistemas nacionais de inovação, identificou que a ambiguidade e o relaxamento associados ao conceito aumentaram sua atratividade tanto nas esferas políticas como acadêmicas, por ser facilmente adaptado ao público e a diversos fins de utilização, sejam eles teóricos ou práticos. Neste sentido, o conceito é análogo a um *boundary object*, que “permite um acordo parcial no uso do termo, permitindo que participantes de diferentes conjuntos mantenham sua cultura

original” (MIETTINEN, 2002 apud SHARIF, 2006). Esta flexibilidade no uso e na definição também é percebida no conceito de ecossistemas de inovação.

2.1.2 O Conceito de Ecossistemas de Inovação

Atualmente muitos se referem a sistemas de inovação como ecossistemas. O crescimento no uso da palavra é significativo e perpassa os diversos círculos de interesse, como dos formuladores de políticas, empresários, acadêmicos e demais especialistas em inovação (ANDERSEN, 2011; HWANG, 2014; MAZZUCATO, 2014). No entanto, apesar do recente aumento na frequência, o uso de conceitos ecológicos em estudos da administração e economia tem longa tradição (DURST; POUTANEN, 2013).

No caso da analogia com o conceito de ecossistemas, muitas vezes o termo tem sido utilizado de forma intercambiável com *clusters*, redes globais ou organizações (HWANG, 2014; OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014), plataformas de tecnologia da informação e comunicação (TIC) bem sucedidas, ou novas indústrias (ADNER, 2006; ADNER; KAPOOR, 2016; GAWER; CUSUMANO, 2014; OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014), o que pode causar certa confusão. Ritala e Almpnanopoulou (2017) sugerem que isto ocorre porque estes ecossistemas possuem uma ou várias entidades focais que são centrais para o ecossistema, definindo suas fronteiras, como por exemplo, uma firma em particular, uma tecnologia ou uma plataforma digital. São sistemas sociais abertos, no entanto são deliberadamente projetados e evoluem no entorno de um conjunto chave de entidades, pelo menos em um dado ponto no tempo.

Trata-se de um conjunto composto por agentes e relações econômicas assim como por partes não econômicas como tecnologia, instituições, interações sociológicas e cultura, que tem por objetivo ou foco a inovação (MERCAN; GÖTKAS, 2011; RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017). Observar o processo de inovação de uma perspectiva ecológica enfatiza forças motoras como nichos de recursos e adaptação, assim como processos evolucionários dinâmicos, como a variação e a seleção (DURST; POUTANEN, 2013).

Estes ecossistemas se formam no entorno de problemas de mercado que dão forma à inovação, e não no entorno de problemas de ciência e tecnologia. Portanto não se pode, nas palavras dos autores, confundir “sistemas de ciência e tecnologia” ou “sistemas de invenção” com “sistemas de inovação”, posto que processos de mercado e sistemas de inovação são parte um do outro, em alinhamento com as ideias schumpeterianas (METCALFE;

RAMLOGAN, 2005). Aliás, a tensão entre a “economia de pesquisa” e a “economia de mercado” pode estar por trás do surgimento da discussão de ecossistemas de inovação (OH et al., 2014; RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017). De acordo com Clarysse et al. (2014, apud RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017) estas economias são parcialmente separadas, mas entrelaçadas em um contexto mais amplo de atividades de inovação. Invenções, ideias e descobertas podem ser perseguidas por qualquer um, seja da economia de pesquisa ou da de mercado, mas a noção de comercialização bem sucedida aponta fortemente para o envolvimento de atores do setor privado.

Alinhados a esta noção, Papaioannou et al. (2007 apud DURST; POUTANEN, 2013) afirmam que a principal diferença entre os tradicionais sistemas de inovação e os ecossistemas é a incorporação de maneira mais pronunciada dos mecanismos de mercado nestes últimos, enquanto que as abordagens tradicionais enfatizam o papel de instituições não mercadológicas e relações historicamente formadas. Não é surpresa, portanto, que se use frequentemente o conceito de ecossistemas de inovação para descrever sistemas de inovação orientados ao lucro, criados no entorno de empresas, tecnologias e plataformas, ainda que haja uma tendência de longa data de políticas públicas dando suporte a iniciativas de inovação em nome do desenvolvimento econômico e progresso social (RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017).

Mercan e Götkas (2011) afirmam que os modelos de ecossistemas de inovação evoluem dos modelos de sistemas de inovação, mas possuem estruturas em constante mudança, guiadas pelas novas necessidades e novas circunstâncias, em contraste com a relativa estabilidade dos modelos de sistemas de inovação. Formam-se e constantemente se reorganizam em função do problema em mãos, de onde estão os atores que atuam nas fronteiras tecnológicas, das conexões específicas com a base científica e dos usos específicos para os quais as inovações são voltadas. Por conta disto, é natural que as conexões e os atores possam se espalhar além de qualquer fronteira nacional (METCALFE; RAMLOGAN, 2005), com atores, contextos e fronteiras que mudam constantemente (RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017).

Alinhando-se com Metcalfe e Ramlogan (2005), Mercan e Götkas (2011) sugerem que um ecossistema de inovação é um híbrido de diferentes redes ou sistemas. Rubens et al. (2011 apud DURST; POUTANEN, 2013) se referem a esta ideia como “redes de criação” que provêm um mecanismo para: *“(a) a criação focada em objetivo de novos bens e serviços elaborados para atender às necessidades de mercados em rápida evolução; (b) constituídas de múltiplas instituições e indivíduos dispersos; e (c) para a inovação em paralelo”*.

Estas redes de criação se aproximam do conceito de “comunidades de inovação”, que são “*um conjunto de organizações e pessoas com interesse em produzir e/ou usar uma inovação específica*” (WANG, 2009 apud DURST; POUTANEN, 2013). De acordo com Wang, tais comunidades emergem e evoluem em torno de atividades orquestradoras de inovação e dissolvem assim que a atenção coletiva desaparece. Um ecossistema de inovação seria, portanto, constituído por um conjunto complexo de inovações e comunidades, seus produtores e desenvolvedores e interações entre eles.

Portanto, tal como nos ecossistemas biológicos (CHRISTIAN, 2009), o local pode não ser crítico, mas sim os ciclos e os caminhos que a informação e o valor percorrem, de forma que os ecossistemas podem transcender fronteiras e indústrias, dando a impressão de que “tudo está conectado”. Importa, portanto, o ponto de vista da análise. Ritala e Almanopoulou (2017) sugerem que as fronteiras de um ecossistema podem ser traçadas a partir de uma perspectiva geográfica (local, regional, nacional ou mesmo global), de uma escala temporal (um momento estático no tempo ou interações dinâmicas), de sua permeabilidade (aberto ou fechado), o mesmo a partir de seus tipos de fluxo (conhecimento, valor, material) (VALKOKARI, 2015 apud RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017).

Pode-se, portanto, extrapolar os conceitos de *clusters* e de sistemas nacionais para explicar uma economia global interconectada, com vários atores independentes, que transcendem a influência de uma única região (RUBENS et al., 2011 apud DURST; POUTANEN, 2013; ENGEL, 2015). Apesar de boa parte dos ecossistemas de inovação ainda serem baseados em algum tipo de concentração geográfica de agentes, a recente revolução das TIC permitiu que diversos recursos importantes, como capital, talentos, empreendedores e universidades, façam grande diferença estratégica para empresas geograficamente distantes, bastando que haja *networking* e grande fluxo de informação (ANDERSEN, 2011).

Não por acaso torna-se cada vez mais popular o conceito de inovação aberta, que expande o escopo de potenciais participantes do processo de inovação dos atores internos ligados à função de P&D para os numerosos possíveis cocriadores e coinovadores que estão fora da organização (DURST; POUTANEN, 2013). Dentro deste paradigma, os atores envolvidos no processo de inovação propositalmente aproveitam os fluxos de conhecimento para dentro e para fora da organização, e com isso aceleram inovações internas e expandem mercados externos (CHESBROUGH, 2003 apud DURST; POUTANEN, 2013).

Por trás do motivo para se juntar para inovar está o fato de que inovações raramente são bem sucedidas isoladamente, pois são dependentes de inovações em seus componentes e

em seus complementos (ADNER; KAPOOR, 2016). Um único elo fraco pode por tudo a perder, exigindo elevado grau de coordenação entre os elementos do ecossistema. Para tanto, a cooperação deve se estender além da barganha pela captura de valor de cada ator e incluir considerações a respeito dos desafios que diferentes atores precisam superar (com a ajuda de colaboradores do ecossistema) para fazer com que o valor seja criado (ADNER; KAPOOR, 2016).

O uso amplo do termo também gerou críticas a respeito de sua validade. Papaioannou et al. (2007 apud DURST; POUTANEN, 2013) questionam se a analogia de ecossistemas pode ser usada para descrever ambientes de inovação socialmente dinâmicos e se a metáfora biológica é plausível e consistente com a tradição do pensamento schumpeteriano, de acordo com o qual inovação é um processo histórico desigual e descontínuo de evolução, que ocorre sob a influência de complexos fatores econômicos, sociais e políticos. Papaioannou et al. (2007 apud DURST; POUTANEN, 2013) afirmam que apesar das similaridades abstratas entre ecologias biológicas e de inovação, *“a última inclui inter-relações e redes sociais complexas... que são desenvolvidas historicamente”*. Portanto, segundo estes autores a divisão de trabalho e o ambiente de conhecimento e inovação não poderiam ser entendidos como processos biológicos e adaptativos, mas como processos sociais e históricos, com relações de poder contraditórias e desiguais. Outros fatores que diferem os ecossistemas naturais de ecossistemas de inovação são a presença de intenção e teleologia, e a importância da governança em ecossistemas de inovação (OH et al., 2014). Ainda assim, apesar dos riscos de falsas analogias, Oh et al. (2014) consideram admirável o esforço em aprender a partir de sistemas evolutivos naturais.

Apesar dos avanços, alguns desafios ao corpo de conhecimento dos ecossistemas de inovação ainda persistem, como os relacionados à atividade humana e ao contexto social. Como, por exemplo, fomentar valores culturais para encorajar o compartilhamento de conhecimentos ou outro comportamento indutor de inovação? (DURST; POUTANEN, 2013).

2.1.3 Elementos de um Ecossistema de Inovação

Como já mencionado, muitos atores apontados como elementos de um ecossistema de inovação são idênticos em muitos dos modelos observados (WALLNER; MENRAD, 2011). Empreendedores, capital intelectual, empresas maduras e *startups*, institutos de pesquisa públicos e privados, universidades, investidores de risco, centros de distribuição de

conhecimento, associações profissionais, prestadores de serviço, gestores, governos engajados são elementos comumente citados, por uma nomenclatura ou outra, em vários trabalhos (ENGEL, 2015; HWANG; HOROWITT, 2012; MUNROE; WESTWIND, 2009; OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014; WALLNER; MENRAD, 2011).

Metcalf e Ramlogan (2005) colocam em primeiro plano as empresas voltadas ao lucro, as universidades e outras organizações (públicas e privadas) especializadas em pesquisa e as empresas de consultoria baseada em conhecimento. Para Oksanen e Hautamäki (2014) empresas interativas e dinâmicas estão no centro de um ecossistema de inovação.

Um papel de importância em ecossistemas de inovação é o papel de agentes promotores de conexão no sistema. Hwang e Horowitt (2012) os chamam de pessoas ou organizações-chave ou pedra-angular, numa analogia com as espécies-chave dos sistemas biológicos. Lester e Piore (2006) os chamam de “anfitriões”, que iniciam conversas entre diferentes comunidades de especialistas e grupos de usuários. Feldman e Zoller (2010 apud HWANG; HOROWITT, 2012) afirmam que o número destes agentes em uma comunidade é melhor indicador de seu status como região empreendedora do que medidas agregadas sobre regiões e redes de investidores. Tais agentes servem como filtros de alta qualidade para contatos, validam e propagam comportamentos culturais que fomentam a inovação, transitam em diferentes domínios, inclusive através de barreiras hierárquicas e sociais.

No entanto, os elementos importantes para a existência e o bom funcionamento de um ecossistema de inovação não se limitam a indivíduos e organizações. Elementos institucionais como comportamentos chave também são considerados importantes em um ecossistema. Padrões comportamentais como a tolerância à diversidade (de ideias, de pessoas, de culturas), ao risco e ao erro; a elevada mobilidade de recursos (principalmente de talentos, capital e informação); a incessante busca por oportunidades; a elevada velocidade no desenvolvimento de negócios; a disposição em aprender, colaborar, mudar rotinas e adotar novidades; um elevado senso de comunidade e de que o sucesso individual depende do sucesso do ecossistema; visão e conexões globais; elevados níveis de capital social e confiança são considerados vitais, e podem ser enquadrados como a cultura e o ambiente de negócios da região (ENGEL, 2015; HWANG; HOROWITT, 2012; MUNROE; WESTWIND, 2009; OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014; WALLNER; MENRAD, 2011).

Vários autores adicionam a importância da existência de fluxos de pessoas capacitadas entre as empresas, o governo e as universidades (e institutos de pesquisa) do ecossistema, assim como um fluxo nacional e internacional de talentos para o bom funcionamento do

ecossistema (ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000; HWANG; HOROWITT, 2012; METCALFE; RAMLOGAN, 2005; MUNROE; WESTWIND, 2009; OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014; SAXENIAN, 1994, 2006). Este fluxo garante a renovação do conhecimento, a formação de relações, a difusão de inovações, a aquisição de capacidade de absorção, a criação de novas ideias e o alinhamento de objetivos.

Lester e Piore (2006) falam da necessidade de espaços públicos para a discussão aberta e livre, que podem ocorrer dentro de empresas, em distritos industriais ou *clusters*, durante processos regulatórios que envolvam consultas públicas, ou dentro das universidades. Nestes espaços novas ideias e pontos de vista podem emergir sem o risco de apropriação privada da informação que poderia minar ou truncar a comunicação.

Alguns autores incluem ainda, como uma das condições para a emergência de um ecossistema localizado, que haja elevada qualidade de vida e um ambiente estimulante e tolerante, para que os melhores talentos sejam atraídos e fixados na região (MUNROE; WESTWIND, 2009; OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014; WALLNER; MENRAD, 2011). Fatores como a qualidade das moradias, das opções de lazer e da educação infantil para os filhos, são frequentemente citados como importantes para a atração e retenção de talentos.



Figura 3 – Elementos de um ecossistema de inovação
Fonte: Munroe (2012)

Cabe salientar que o grau de importância de cada elemento pode variar de ecossistema para ecossistema, sendo que elementos vitais em um podem até mesmo não estarem presentes em outros. Elementos que também são parte de outro ecossistema e estão localizados em outra

região também podem suprir a inexistência de um componente no ecossistema. Desta forma, um ecossistema pode ser construído através de profunda cooperação entre atores locais, regionais e nacionais (OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014) e até mesmo internacionais (SAXENIAN, 2006). Na visão de Munroe e Westwind (2009), a Figura 3 representa os principais elementos de um ecossistema de inovação.

A qualidade de um ecossistema de inovação, no entanto, não depende apenas da presença de uma massa crítica de elementos, mas também de suas conexões e da qualidade de suas relações (HWANG; HOROWITT, 2012; MERCAN; GÖTKAS, 2011). O nível de interação entre organizações é diferente de país para país, e determina a quantidade de criação de conhecimento, taxa de difusão, sua transformação em inovação e a expansão das inovações. Estas interações podem ser de natureza tecnológica, comercial, legal, social e financeira (MERCAN; GÖTKAS, 2011). Embora todas sejam importantes, neste trabalho o foco principal é o fluxo de conhecimento, assunto que será abordado nas seções a seguir.

2.2 Conhecimento

O advento da *Internet* tornou fácil o acesso a ilimitadas fontes de conhecimento e especialistas já especulam que a Era do Conhecimento já começa a suplantiar a Era Industrial. Na década de 60 cerca da metade dos trabalhadores em países industrializados se ocupavam de fazer coisas. Hoje este valor gira em torno de 20% (DRUCKER, 1994; BART, 2000 apud DALKIR, 2005). A tecnologia da informação mudou a forma de avaliar o valor das empresas, cuja capacidade antes era avaliada em termos de imóveis, capital e outros bens tangíveis. Hoje, considera-se que sua capacidade competitiva atual e futura depende de seu conhecimento e de sua capacidade de extrair valor do mesmo (HUANG; WEI; CHANG, 2007).

Diversos autores hoje veem o conhecimento como diferencial competitivo, e sua criação e uso como fundamental para o potencial inovador de uma organização (NONAKA; TAKEUCHI, 1995; URIARTE, 2008). O mesmo pode ser dito para ecossistemas inteiros, ideia já disseminada por expressões como “sociedade do conhecimento” de Peter Drucker (1993 apud NONAKA; TAKEUCHI, 1995). Para a OECD (1997) o sucesso das empresas e das economias nacionais depende do fluxo e do uso de conhecimento gerado, de sua diversidade e de sua qualidade. Oksanen e Hautamäki (2014) corroboram esta ideia afirmando que o sucesso de uma região inovadora não depende de características geográficas naturais

como florestas e minérios, mas do conhecimento e da habilidade de se renovar. Muito antes destes, Marshall (1965 apud NONAKA; TAKEUCHI, 1995) já afirmava que “*conhecimento é o principal motor da produção*”, e Schumpeter (1951 apud NONAKA; TAKEUCHI, 1995) afirmava que o impulso fundamental do desenvolvimento do capitalismo provém de novas combinações (de conhecimento).

Para estes e outros autores, o conhecimento não é apenas um recurso como trabalho, capital ou terras, mas o mais importante recurso na economia atual. Por isto este trabalho busca explicar ecossistemas de inovação a partir de seu fluxo. Nas seções seguintes apresenta-se o conceito de conhecimento que será utilizado neste trabalho, além de teorias a respeito de sua difusão e fluxo.

2.2.1 Definição

“Conhecimento” é um conceito amplo e abstrato que tem gerado debates epistemológicos na filosofia ocidental desde a era clássica grega (COSTA, 2014; NONAKA; TAKEUCHI, 1995). Para Costa (2014) o conhecimento é a informação contida na mente de um indivíduo, informação personalizada ou subjetiva relativa a fatos, procedimentos, conceitos, interpretações, ideias, observações e julgamentos (que podem ou não ser únicos, úteis, exatos ou estruturados). Algo semelhante foi escrito por Metcalfe e Ramlogan (2005), que afirmam que o conhecimento não pode existir fora do indivíduo e apenas a atividade em mentes individuais podem mudar o conhecimento. Para estes autores, o conhecimento fora da mente do indivíduo torna-se informação. Por outro lado, há também autores que não fazem qualquer distinção entre conhecimento e informação (NONAKA; TAKEUCHI, 1995), fato que pode causar confusão quando textos dos mesmos são confrontados com conceitos da área da GC e da computação, posto que nestes domínios estes conceitos são marcadamente diferentes.

Neste trabalho considera-se que conhecimento é informação que foi submetida (e passou) por testes e avaliações voltados a eliminar erros e buscar a verdade. É informação melhorada pelos registros e pela experiência do processo de validação (FIRESTONE; MCELROY, 2003). Pode ser entendido como crenças verdadeiras justificadas, como afirmava Platão (NONAKA; TAKEUCHI, 1995). Uma coleção de dados e informações se torna conhecimento quando se identifica uma relação padrão existente entre os dados e a informação, e se torna possível perceber e entender os padrões e suas implicações. Quando

estes padrões são inteiramente compreendidos obtém-se um elevado nível de previsibilidade e confiabilidade a respeito de como os padrões irão mudar ou evoluir ao longo do tempo, fornecendo uma orientação para a ação (HUANG; WEI; CHANG, 2007; URIARTE, 2008). Alavi e Leidner (apud COSTA, 2014) definem conhecimento como “*um misto fluido de experiência, valores, informações contextuais e opinião de especialista, que provê um framework para avaliar e incorporar novas experiências e informações*”. Melhor entendimento a respeito da concepção de conhecimento utilizada neste trabalho pode ser obtido ao se considerar os tipos de conhecimento aqui estudados.

2.2.2 Tipos de Conhecimento

Nonaka e Takeuchi (1995) adotam a classificação de Polanyi e distinguem o conhecimento em dois tipos: o “tácito”, que não pode existir fora do indivíduo; e o “explícito”, que é a forma codificada do conhecimento, mais próximo do que Metcalfe e Ramlogan (2005) definem como informação. Os autores deixam de lado a categoria de conhecimento implícito, aquele conhecimento individual guardado “*na forma de nossa estrutura conceitual, como expresso na nossa linguagem*” (POLANYI, 1958 apud FIRESTONE; MCELROY, 2003), na verdade utilizando apenas a categoria de conhecimento tácito, que inclui tanto o conhecimento pessoal que pode ser externalizado como aquele que não pode ser expresso. Esta tipificação dicotômica também será adotada neste trabalho.

Desta forma, o conhecimento explícito pode ser expresso em palavras e números, e facilmente comunicado e compartilhado na forma de dados, fórmulas, procedimentos ou princípios universais. Já o conhecimento tácito é altamente pessoal e por vezes difícil de formalizar, fazendo com que seja difícil o seu compartilhamento com outras pessoas. É profundamente enraizado nas ações e na experiência do indivíduo, assim como em seus ideais, valores e emoções. Pontos de vista subjetivos, intuições e palpites caem nesta categoria de conhecimento (NONAKA; TAKEUCHI, 1995).

Para Nonaka e Takeuchi (1995), o conhecimento tácito pode ainda ser dividido em uma dimensão técnica, também conhecida como o *know-how* de uma profissão, e uma dimensão cognitiva, que são esquemas, modelos mentais, crenças e percepções tão enraizadas que seu detentor não as percebe. A dimensão cognitiva é a que molda a percepção de mundo do indivíduo.

Já o conhecimento explícito pode ser dividido em público ou privado. O conhecimento público é aquele que está disponível a todos em bibliotecas, na *Internet*, em revistas especializadas e eventos científicos e tecnológicos, gerado e publicado por acadêmicos e profissionais (COOKE et al., 2011; ETZKOWITZ et al., 2000; LUNDVALL et al., 2002; NELSON, 1990; TEECE; PISANO; SHUEN, 1997). O conhecimento privado é aquele intencionalmente protegido por instrumentos de Propriedade Intelectual (como patentes e contratos de sigilo), pela manutenção na forma tácita, pela alta complexidade, ou mesmo pelo segredo (LUNDVALL et al., 2002; OCDE, 2005; TEECE; PISANO, 1994), e só pode ser transmitido voluntariamente, como através do licenciamento de patentes, da transferência de tecnologia, da compra de empresas inteiras ou mesmo através vazamentos não intencionais, como a espionagem industrial, a engenharia reversa de produtos, e a mobilidade de funcionários.

Uriarte (2008) ainda classifica o conhecimento organizacional em dois tipos levando em consideração a natureza da atividade de uma organização: o conhecimento básico essencial (*core knowledge*), e o conhecimento facilitador (*enabling knowledge*).

Em qualquer organização algumas áreas do conhecimento são mais importantes que outras. O conhecimento crítico para a obtenção dos objetivos da organização e à implementação de sua estratégia é chamado de “conhecimento básico”. No entanto, apenas o conhecimento básico não é suficiente para que a organização execute sua missão e seja competitiva. É necessário também o tipo de conhecimento que mantém a eficácia da organização. Este tipo de conhecimento é o “conhecimento facilitador”. Quando combinado ao conhecimento básico, este conhecimento leva ao desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços (URIARTE, 2008). Estes tipos de conhecimento são o que tornam possível a ação focada e coletiva.

Outra visão relevante para este trabalho vem de Costa e Lima (2013). Os autores, embora concordando com a classificação sugerida por Nonaka e Takeuchi, acrescentam um elemento conceitual sutil: o conhecimento externalizado é rotulado como “fonte de conhecimento”. Isto implica dizer que uma fonte de conhecimento está materializada e disponível para ser consumida, no entanto este consumo será tão melhor quanto mais adequado for o *background* do consumidor. Em outras palavras, se o consumidor não possui um conhecimento prévio relacionado à fonte de conhecimento, ele terá mais dificuldade em absorver este conhecimento. Exemplos vários ilustram este fato, desde a repetição de uma simples receita culinária até a construção de sofisticados equipamentos tecnológicos. A partir

desta noção entende-se necessário dividir o conhecimento ainda em outras categorias, de acordo com a natureza do *background* necessário a sua absorção e uso – o conhecimento científico e o conhecimento tecnológico.

Vannevar Bush (1945) via uma clara distinção entre a pesquisa científica básica e a pesquisa aplicada industrial e governamental, que com raras exceções aplica o conhecimento científico existente a problemas práticos. Em seu famoso relatório encomendado pelo presidente Roosevelt após a II Guerra dá a entender que a pesquisa básica forma o “capital científico” que subsidia a pesquisa aplicada, que por sua vez é necessária para a criação de novos produtos e processos. O autor também se refere diversas vezes em seu relatório à necessidade de se manter um fluxo constante dos produtos do conhecimento científico até as indústrias e empresas, em especial as pequenas, que muitas vezes “*nunca recebiam nenhum dos benefícios*” (BUSH, 1945). Para que isto fosse possível, sugeriu a criação de “clínicas de pesquisa” para que os empresários pudessem fazer uso do conhecimento científico. Sugeriu também que a nação treinasse talentos científicos em quantidade, mas que tivesse a cautela de evitar que seus programas atraíssem para a ciência uma parcela desproporcional dos talentos de elevada capacidade, necessários também em outras esferas de modo a não limitar a nação e a própria ciência, posto que a “*ciência não pode viver apenas por e dentro de si mesma*” (BUSH, 1945).

Já Ronald Kline (apud ALEXANDER, 2012) conceitua a ciência aplicada como marcada por conhecimento tecnológico obtido não pela prática mecânica, mas através de meios acadêmicos, tanto através da importação de teorias científicas para a prática tecnológica, como através do uso de métodos científicos em um trabalho definido por objetivos tecnológicos.

Donald Stokes (2005), partindo da divisão dicotômica inspirada pelo relatório de Bush (1945) que classifica os esforços científicos ao longo de um eixo cujos extremos são a ciência (desinteressada de aplicações) básica e a ciência aplicada (totalmente orientada ao uso), adiciona mais um eixo e divide os esforços da ciência em quadrantes (Figura 4). Estes eixos classificam os esforços ao longo de duas dimensões: o grau de busca por entendimento fundamental e a consideração ao uso. Desta forma tem-se o que o autor chama de o “quadrante de Bohr”, que engloba a pesquisa básica pura, aquela que não possui considerações imediatas ao uso, mas é inspirada no avanço do conhecimento, alinhada à ciência básica de Bush (1945); o “quadrante de Edison”, que engloba os esforços focados em aplicações práticas, sem se preocupar com avanços ao conhecimento; e o “quadrante de

Pasteur” onde se tem a pesquisa básica inspirada no uso, que se preocupa tanto em adicionar ao estado do conhecimento quanto em solucionar problemas imediatos. Ao quarto quadrante Stokes (2005) atribui as pesquisas que visam categorizar o conhecimento já existente sem ter em vista objetivos explanatórios gerais nem qualquer utilização prática.



Figura 4 – Quadrantes da ciência
Fonte: adaptado de Stokes (2005)

De certa forma alinhado a Stokes (2005), o argentino Mário Bunge, em seu trabalho sobre ciência, tecnologia e desenvolvimento (BUNGE, 1997), divide o conhecimento em ciência básica, ciência aplicada, e tecnologia. Para este autor a ciência básica se propõe unicamente a enriquecer o conhecimento humano, buscando problemas do interesse do pesquisador. A ciência aplicada, por sua vez, aplica os conhecimentos obtidos nas pesquisas básicas a problemas de possível interesse social. Ambos utilizam o mesmo método, que requer formação científica. A ciência como um todo, tanto a básica quanto a aplicada, se propõe a descobrir leis para compreender a realidade.

Já a tecnologia utiliza a ciência como um meio para produzir artefatos úteis. A tecnologia se propõe a controlar a realidade a partir dos conhecimentos científicos, a transformar ou criar coisas e processos, sejam estes naturais ou sociais. Seus problemas são de natureza prática e não apenas cognitivos, e com ela é possível obter ganhos. Outro divisor de

águas entre a ciência e a tecnologia são os aspectos morais e sociais associados. O conhecimento puro é neutro, desprovido de tendências boas ou más. “*Só quem busca a aplicação prática enfrenta problemas morais ...*” (BUNGE, 2002).

Dentre as condições para que um país possa investir em ciência o autor cita como desejável, senão indispensável, a capacidade de absorção para “*que a economia possa usar alguns dos subprodutos da ciência básica, a saber, a ciência aplicada e a tecnologia.*” (BUNGE, 1997), deixando claro que há diferenças entre os três tipos, e que a atuação em um deles um não implica no domínio dos outros, seja por falta de capacidade de absorver o conhecimento ou mesmo por falta de interesse. O autor afirma que em condições de subdesenvolvimento, ainda que com dificuldades, “*... é mais fácil realizar boa ciência básica e aplicada do que boa tecnologia*” (BUNGE, 1997). Isto porque a criação científica é quase toda autogerada, resultado do esforço em resolver problemas do conhecimento, e não problemas práticos. Depende menos do nível de produção e de viabilidade técnica e financeira, e mais da curiosidade e do talento dos indivíduos.

A criação tecnológica, por outro lado, é induzida pelas necessidades de produção, e por sua vez gera novos ramos da produção. Bunge (1997) observa que em países em condições de subdesenvolvimento a indústria, consumidora de tecnologia, é inexistente ou está dominada por tecnologia estrangeira e olha com desconfiança para qualquer desenvolvimento tecnológico local. Isto afeta negativamente a demanda e, portanto, a criação de tecnologia endógena, dificultando a absorção e uso de subprodutos da ciência local. O ideal seria que houvesse fluxo incessante entre a ciência básica, a ciência aplicada e a tecnologia, assim como da tecnologia para a indústria. Da mesma forma, a indústria provê a tecnologia e a ciência com meios indispensáveis para suas atividades (aparatos, instrumentos de medição e outros) (BUNGE, 1997; KLINE; ROSENBERG, 1986).

Bunge (1998) em outro trabalho vai além e adiciona que muitos conceitos de tecnologia são equivocados. Dentre os principais equívocos, o autor cita quatro tipos: (i) a confusão do conceito de tecnologia com o conceito de ciência; (ii) a confusão com ciência aplicada; (iii) a confusão com aptidão, destreza, perícia ou indústria; e (iv) a restrição da tecnologia aos ramos da engenharia.

Esclarecendo o primeiro equívoco, Bunge afirma que ciência e tecnologia não podem ser consideradas equivalentes, posto que hipóteses científicas são julgadas pela sua veracidade, ao passo que artefatos – sejam eles máquinas ou organizações – são julgados por

sua eficiência, confiabilidade, durabilidade, segurança, viabilidade financeira, lucratividade, facilidade de uso ou outro tipo de característica não cognitiva.

Já quando se confunde tecnologia e ciência aplicada ignora-se o fato de que as ciências aplicadas (dentre elas Bunge cita a farmacologia, a medicina, e a pedagogia) são a ponte entre a ciência básica e a tecnologia. Subestima-se o papel da imaginação e da pesquisa envolvidos no projeto e no planejamento, estas sim a áreas da tecnologia. Este tipo de confusão leva à falsa expectativa de que descobertas científicas automaticamente levam a aplicações, falácia explorada por muitos cientistas ao pedir financiamento para a pesquisa científica. A ciência atende apenas à importante necessidade social de se elevar o nível geral de cultura.

A terceira confusão, que equipara tecnologia à aptidão, leva a subestimar a contribuição da ciência à tecnologia. De fato, a tecnologia moderna é baseada em ciência e, diferente de perícia ou indústria, produz ideias como plantas, planos e projetos, ao invés de artefatos concretos como máquinas e serviços.

A quarta confusão, que iguala a tecnologia à engenharia, ignora as sociotecnologias, da ciência da Administração e da Economia à Educação e à Lei. Estas também devem ser consideradas tecnologias porque o seu foco é controlar o comportamento humano através do projeto, reprojeto ou gestão de sistemas sociais, como empresas, departamentos, escolas, hospitais, exércitos e até mesmo países.

De forma a dirimir as confusões, Bunge define tecnologia como “*o ramo o conhecimento que se ocupa do projeto e teste de sistemas ou processos com a ajuda de conhecimento científico e com o objetivo de servir à indústria ou ao governo*” (BUNGE, 1998). De acordo com o autor o conhecimento científico, objetivo da ciência básica, é um meio para a tecnologia. Ao passo que a ciência objetiva compreender a realidade, a tecnologia supre ferramentas para alterar a natureza ou a sociedade. A ciência produz bens culturais sem preço; a tecnologia produz bens culturais que podem ser tratados como mercadoria. Desta forma, ao passo que descobertas científicas são bens públicos, os itens tecnológicos podem ser possuídos de maneira privada. A diferença pode ser notada quando resultados de baixa qualidade são produzidos. Os maus resultados da ciência são eventualmente eliminados, ao passo que sempre há mercado para os maus resultados da tecnologia (BUNGE, 1998).

De forma a esclarecer ainda mais o conceito de tecnologia pode-se ainda definir a técnica, que diferente da tecnologia não emprega o conhecimento científico. Portanto, só se pode considerar um determinado corpo de conhecimento como uma tecnologia caso este seja

(i) compatível com a ciência contemporânea e controlável pelo método científico; e (ii) se emprega a controlar, transformar ou criar coisas ou processos, naturais ou sociais.

Sem entrar nas discussões a respeito dos conceitos apontados em seu texto, Alexander (2012) também conclui que há valor em distinguir ciência aplicada de tecnologia. Em seu texto a autora se alinha a outros autores que posicionam a ciência aplicada como “*o necessário pré-requisito para o progresso tecnológico moderno*” (STAUDENMAIER, 2007, apud ALEXANDER, 2012) afirmando que a “*ciência autônoma necessariamente precede o desenvolvimento [tecnológico] em aplicações militares, médicas e econômicas*” (CARL MITCHAM, 2011, apud ALEXANDER, 2012). Alexander (2012) também cita Richard Westfall (1993), que define tecnologia como “*inerentemente direcionada ao uso humano, e não apenas ao aumento da compreensão*”.

O fluxo da ciência para a tecnologia e sua adoção em produtos e processos, no entanto, não ocorre imediatamente, e nem de forma unilateral. Kline e Rosenberg (1986) enfatizam que a inovação tecnológica surge de forma iterativa e interativa, principalmente do contato com forças de mercado e a partir do conhecimento já existente, acionando a pesquisa científica apenas quando este não é suficiente para a solução do problema. Isto contraria a visão “linear” da inovação de que dá a entender de que todo processo de inovação tem como evento iniciador uma descoberta científica (*technology push*). Os autores afirmam que a “*inovação bem sucedida requer um projeto que equilibre os requisitos de um novo produto e seus processos de manufatura, as necessidades do mercado, e a necessidade de manter uma organização que continue a dar suporte a todas estas atividades de maneira eficaz*” (KLINE; ROSENBERG, 1986).

Para conciliar as várias formas como a inovação pode ocorrer, o modelo de elos em cadeia (Figura 5) inclui conexões entre a indústria e a academia, e ao citar o “conhecimento científico acumulado” admite que uma vez que uma oportunidade é identificada, soluções são buscadas no corpo de conhecimento da tecnologia, e se este for insuficiente, no corpo de conhecimento científico, que em algum momento foi criado pela ciência. Esta interação pode também motivar novas pesquisas aplicadas ou mesmo básicas (*demand pull*). Isto pode ocorrer não apenas ao início, mas ao longo de todo o processo de inovação, que inclui a invenção, o projeto, a produção e a comercialização (KLINE; ROSENBERG, 1986).

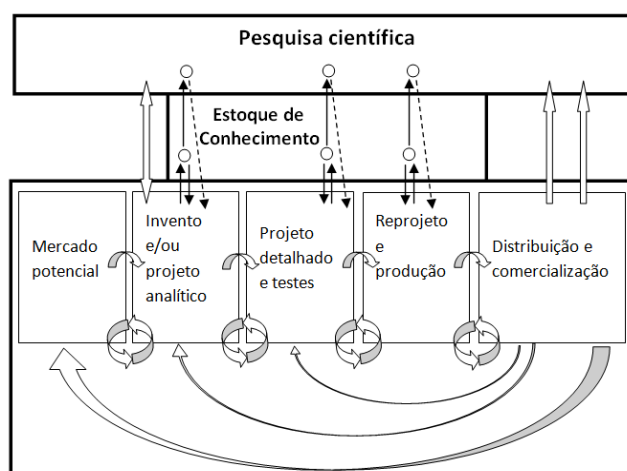


Figura 5 – Modelo de elos em cadeia
Fonte: Kline e Rosenberg (1986)

Balconi et al. (2010) apontam que muitas vezes os avanços tecnológicos não estão relacionados à pesquisa básica, e que em muitas indústrias os impactos da ciência nas inovações tecnológicas possuem longas lacunas temporais e cognitivas. Também apontam que a tecnologia por vezes se antecipa à explicação científica, fazendo uso de fenômenos que a ciência ainda não compreende, e que não apenas a tecnologia pode ser independente da ciência, mas também fornece subsídios a ela na forma de problemas a serem resolvidos, instrumentação e outros (BALCONI; BRUSONI; ORSENIGO, 2010).

Admitem, portanto, que uma indústria segregada da ciência não necessariamente está completamente impedida de inovar, mas afirmam que está sim seriamente limitada, posto que problemas de difícil solução através da tecnologia já consolidada se tornarão formidáveis barreiras à inovação, em especial a revolucionária ou de ruptura (BALCONI; BRUSONI; ORSENIGO, 2010; KLINE; ROSENBERG, 1986). Como exemplo os autores citam o esforço de desenvolvimento de curas para a AIDS e para o câncer, que apesar de todo o investimento e demanda ainda não lograram sucesso por falta de conhecimento científico aplicável. Cabe também notar que nas últimas duas ou três décadas o papel da ciência como fonte de inovações e como motor do crescimento de indústrias de alta tecnologia tem aumentado (BONACCORSI & TOMA, 2007 apud BALCONI; BRUSONI; ORSENIGO, 2010). O fato é que as dinâmicas internas da ciência e da tecnologia ainda possuem um papel autônomo em explicar o que existe e o que não existe (BALCONI; BRUSONI; ORSENIGO, 2010).

2.2.3 Aprendizado e Fluxos de Conhecimento

Como recurso capaz de garantir vantagens, logo se criou a noção de que o conhecimento deveria ser guardado, protegido, para que não se perdesse a vantagem advinda do mesmo, mesmo a nível individual. No entanto, com a evolução dos estudos a respeito do conhecimento percebeu-se que para que o mesmo gere resultados positivos ele precisa ser transformado e multiplicado. O novo paradigma é que o conhecimento deve ser compartilhado para que novo conhecimento possa ser criado (URIARTE, 2008). É da constante criação e utilização de novo conhecimento que virá a vantagem competitiva.

Uma característica marcante do conhecimento é que diferentemente de recursos como energia, minérios ou florestas ele pode ser passado a outros sem que seu portador original deixe de possuí-lo (DALKIR, 2005; ZHUGE, 2006). Graças a esta característica, e ao amplo compartilhamento de textos via *Internet* e outros meios de comunicação, poder-se-ia esperar que qualquer país, empresa ou indivíduo pudesse acessar novo conhecimento e utilizá-lo para obter vantagem competitiva, a custo muito baixo, em pouco tempo e de maneira uniforme. No entanto, esta obviamente não é a realidade, posto que se pode perceber um grande abismo tecnológico entre países, empresas e profissionais.

Metcalf e Ramlogan (2005) apontam este paradoxo em sua avaliação de sistemas de inovação. Se conhecimentos científicos e tecnológicos estão prontamente disponíveis, em boa parte facilmente acessíveis a qualquer um com um computador e acesso à *Internet*, “... *por que qualquer país encontra dificuldades em inovar? Por que todos os países e firmas dentro destes não estão juntos na fronteira do conhecimento das melhores práticas globais?*” (METCALFE; RAMLOGAN, 2005). Dalkir (2005) afirma que o conhecimento é abundante, mas a habilidade de usá-lo é escassa.

A correlação entre o que é sabido em diferentes mentes é o problema chave na abordagem da natureza da sociedade baseada no conhecimento (METCALFE; RAMLOGAN, 2005). Para estes autores, a comunicação, em todas as suas formas, é o meio para correlacionar conhecimento, dentre as quais merecem destaque aquelas onde se pode armazenar e transmitir conhecimento explícito, como livros e *Internet*, de forma que seja possível se comunicar de maneira anônima através do tempo e da distância. Estas tecnologias têm separado os processos de comunicação do contato cara a cara e criado a estrutura para um crescimento combinatório vastamente maior do conhecimento impessoal.

No entanto, os processos de correlação de conhecimento dependem de mais do que linguagem e tecnologia de comunicação, exigindo também um substrato de princípios que se conectam em mentes individuais. Por este motivo a educação e a cultura são importantes como elementos para correlacionar conhecimento privado em entendimento comum (METCALFE; RAMLOGAN, 2005).

Embora algum conhecimento seja comum à maioria dos membros de uma sociedade, muitos conhecimentos são possuídos por grupos muito menores de acordo com os mandados da divisão de trabalho, de forma que boa parte do conhecimento está distribuído em várias mentes individuais (HAYEK, 1945 apud NONAKA; TAKEUCHI, 1995; STEEDMAN, 2003 apud METCALFE; RAMLOGAN, 2005). O diálogo é a forma pela qual os modelos mentais e as habilidades do indivíduo são convertidos em termos e conceitos comuns (NONAKA; KONNO, 1998). Desta forma, a aquisição de conhecimento também depende de processos sociais de interação e comunicação (METCALFE; RAMLOGAN, 2005).

Dadas as diferenças de conhecimento, em especial as criadas pela divisão de trabalho de conhecimento e pela cultura, no início de uma conversa os participantes podem ter grandes dificuldades em se entender, pois interagem em um espaço ambíguo (LESTER; PIORE, 2006). Os indivíduos compartilham o modelo mental de outros, mas ao mesmo tempo devem refletir e analisar seus próprios modelos (NONAKA; KONNO, 1998). Ao continuar a conversa, caso esta não se deteriore, descobertas são feitas, novos pontos de vista são criados e os mal-entendidos são sanados. É neste espaço de ambiguidade e redundância que novo conhecimento nasce (LESTER; PIORE, 2006; NONAKA; TAKEUCHI, 1995). A possibilidade da ocorrência de erros de cópia e erros de interpretação, as diferenças em pontos de vista pessoais sobre os mesmos fluxos de conhecimento e, ultimamente, a noção de individualidade, são os elementos que realmente impulsionam a geração de novo conhecimento (METCALFE; RAMLOGAN, 2005). Desta forma, diversidade de conhecimentos e de pessoas, assim como constante interação é essencial para o desenvolvimento do conhecimento e da inovação (LESTER; PIORE, 2006; NONAKA; TAKEUCHI, 1995; WALLNER; MENRAD, 2011). Mas para que os fluxos de conhecimento tenham algum efeito na organização, é necessário que haja o aprendizado, que será discutido na próxima seção.

2.2.3.1 *Aprendizado individual e organizacional*

À medida que o mundo se torna mais conectado e complexo, o trabalho deve conter mais aprendizado. Já não basta ter uma única pessoa aprendendo por toda a organização, compreendendo tudo do topo da hierarquia e guiando a todos os outros. As organizações de hoje devem ser capazes de aproveitar o comprometimento e a capacidade de aprender das pessoas em todos os níveis organizacionais (SENGE, 2006).

Contudo, o aprendizado individual e organizacional não é linear. O esforço despendido para se obter um determinado ganho em desempenho varia ao longo do aprendizado. Durante a fase inicial do aprendizado, mais tempo e recursos são necessários em relação ao aprendizado realizado por conta da ausência de um arcabouço conceitual inicial sobre o assunto. Uma vez que o conhecimento básico já foi absorvido, então há um aumento exponencial do retorno sobre o tempo e recursos utilizados para se obter um determinado aprendizado ou variação de desempenho em uma tarefa. Este retorno, no entanto, diminui drasticamente quando se chega à fronteira do conhecimento, em especial quando as tecnologias estão maduras e já chegaram ao seu ápice, chegando ao ponto em que o retorno percebido já não justifica o investimento de tempo e recursos. Esta percepção de custo do aprendizado afeta a motivação da organização em se engajar no aprendizado e tem relação com o conceito de “curva de aprendizado”, assim como a capacidade da organização em perceber a utilidade de novo conhecimento e de aprender algo novo depende de sua “capacidade de absorção”. Os dois conceitos são apresentados a seguir.

2.2.3.1.1 *Capacidade de absorção*

O termo “Capacidade de Absorção” já é bem conhecido no campo da economia, e descreve a habilidade de uma organização de reconhecer valor em novos conhecimentos externos, assimilá-los e aplicá-los para seus fins comerciais (COHEN; LEVINTHAL, 1990). Esta capacidade é fundamental para que uma organização seja capaz de: (i) adotar inovações criadas em outros lugares, dentro do contexto exposto anteriormente na seção 2.1.1.2; (ii) interpretar resultados dos esforços em ciência básica; e (iii) levar a cabo seus próprios projetos de desenvolvimento (COOKE et al., 2011).

De acordo com Cohen e Levinthal (1990), esta capacidade é, em grande parte, uma função do nível anterior de conhecimento relacionado da organização, que pode ser ligado ao

nível de conhecimento e à diversidade de cultura e de expertise de seus colaboradores. Isto inclui habilidades básicas, uma linguagem compartilhada, e até mesmo conhecimento a respeito dos mais recentes avanços científicos e tecnológicos em uma dada área, não se limitando a estes exemplos. A diversidade, em particular, é especialmente importante quando não se tem certeza de qual domínio do conhecimento algo útil pode surgir.

Conhecimento prévio é importante porque o aprendizado é cumulativo, e o desempenho no aprendizado é maior quando o objeto a ser aprendido é relacionado a algo que já se sabe. Por este mesmo motivo o aprendizado de novos domínios é mais difícil. Lindsay e Norman (1977 apud COHEN; LEVINTHAL, 1990) sugerem que o conhecimento pode até ser nominalmente adquirido, mas não utilizado de maneira eficaz se o indivíduo não possuir o conhecimento contextual apropriado para tornar o novo conhecimento completamente inteligível. O conhecimento prévio facilita também a criatividade, permitindo que indivíduos façam associações que nunca haviam considerado antes.

Este tipo de capacidade pode ser criada ou melhorada como um subproduto de esforços de pesquisa e desenvolvimento (P&D), como resultado de operações rotineiras, através do treinamento avançado de funcionários, ou contratação de novos colaboradores com novos conhecimentos (COHEN; LEVINTHAL, 1990). No entanto, apesar de estar relacionada às capacidades dos indivíduos, esta não é uma relação direta. Depende também da habilidade organizacional de explorar este conhecimento, ou seja, depende das estruturas de comunicação entre o ambiente externo e a organização, assim como entre as subunidades internas, e também da distribuição de expertise dentro da organização. Seguindo o mesmo raciocínio, o conceito pode ser extrapolado para o nível regional, uma “capacidade de absorção regional”, que é dependente não apenas da capacidade de absorção individual das organizações da região, mas também de aspectos institucionais (como cultura e ambiente de negócios) promotores de trocas entre as firmas da região e das conexões da região com organizações externas (NARULA, 2004 apud COOKE et al., 2011).

Ao elaborar sobre o conceito de capacidade de absorção, Cohen e Levinthal (1990) citam também trabalhos que relacionam a capacidade de utilizar o conhecimento à quantidade de tentativas práticas realizadas. Segundo estes trabalhos, a prática for interrompida antes que o aprendizado se consolide, então pouco conhecimento será transferido para as rotinas de solução de problemas. A relação entre o aprendizado e a prática é bastante conhecida e representada nas “curvas de aprendizado”.

2.2.3.1.2 Curva de aprendizado

Termo já de uso popular, o dicionário Merriam-Webster (2016) o define como “*a taxa na qual alguém aprende algo novo; o curso do progresso feito no aprendizado de algo; uma curva que traça o desempenho contra a prática, em especial quando desenha o declínio dos custos unitários com a produção cumulativa*”. O termo ganhou uma interpretação mais ampla com o tempo, também sendo conhecido por “curva de experiência”, “curva de melhora no desempenho”, “curva de melhora nos custos” e “curva de progresso”, muitas vezes utilizadas de forma intercambiável (YELLE, 1979).

Usualmente, o eixo horizontal representa a experiência em uma escala de tempo (tempo de aprendizado), ou em uma escala relacionada ao tempo (número de tentativas realizadas, número cumulativo de unidades produzidas, esforço despendido). Já o eixo vertical representa o custo unitário, o tempo de ciclo, o aprendizado ou a proficiência. Pode ser crescente (como uma medida de desempenho), ou decrescente (como o tempo para produzir uma unidade de um produto ou o seu custo de produção unitário) (CHRISTENSEN, 1992a; YELLE, 1979). A curva de aprendizado é comumente utilizada para representar o aprendizado de trabalho manual, de trabalho com máquinas, ou de um novo corpo de conhecimento por um indivíduo. Pode também ser vista como um modelo agregado do aprendizado organizacional ou gerencial, incluindo todas as fontes de aprendizado dentro da organização (YELLE, 1979).

Existem vários formatos de curva, no entanto um dos mais populares é o que resulta numa curva com formato “S”. Seu uso é mais adequado quando se aprende uma tarefa de alta complexidade, ou uma nova tecnologia. Por este motivo, seu estudo tem sido central quando se pensa em estratégia tecnológica (ADNER; KAPOOR, 2016; CHRISTENSEN, 1992a). A parte inicial da curva cresce lentamente à medida que o indivíduo ou a organização se torna familiarizado com os componentes básicos de uma habilidade. Após a fase inicial a ascensão se dá como observado nas curvas de aprendizado anteriormente mostradas até que se alcança um platô (Figura 6).

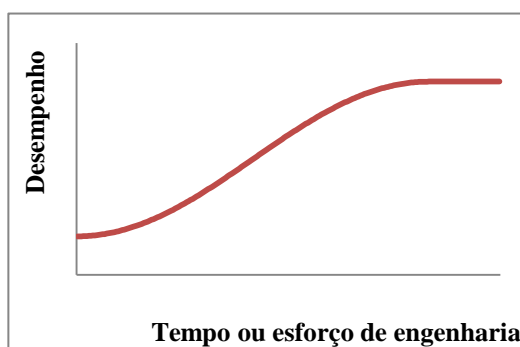


Figura 6 – Curva de aprendizado em formato de S
Fonte: adaptado de Christensen (1992)

A percepção deste formato de evolução do aprendizado pode influir na disposição em aprender algo novo, em especial quando se avalia a maturidade da tecnologia (ADNER; KAPOOR, 2016; CHRISTENSEN, 1992a).

Portanto, um indivíduo ou uma organização pode acreditar que os custos de aprendizado incremental na tecnologia atual serão elevados para se obter pequenos ganhos de desempenho, caso se perceba que ela já está madura, desencorajando novo aprendizado na mesma. A alternativa seria investir no aprendizado de uma nova tecnologia. No entanto, este indivíduo ou organização pode ter a percepção de que o custo e o risco de se iniciar o aprendizado de uma nova tecnologia desde os conhecimentos básicos são desproporcionais ao ganho de desempenho obtido, especialmente quando se trata de uma tecnologia nascente, de baixa maturidade e aceitação, levando a um *lock-in*. Esta percepção de custo x benefício do aprendizado também é afetada pela capacidade de absorção atual do indivíduo ou da organização, especialmente no caso de tecnologias de ruptura. Isto faz com que muitos indivíduos e organizações evitem mudanças radicais em sua profissão ou ramo de trabalho, preferindo “fazer as coisas como sempre foram feitas”.

O não investimento em novo aprendizado torna o indivíduo ou a organização vulnerável à concorrência que esteja mais apta a aprender e mais disposta a arriscar, especialmente quando a tecnologia incumbente se aproxima de seu platô e a nova promete grandes ganhos de produtividades àqueles que a dominarem, ao passo que investir em uma nova tecnologia no momento errado pode levar ao uso de um grande volume dos escassos recursos para se obter retornos medíocres, especialmente quando está é nascente e a tecnologia incumbente ainda possui possibilidades de desenvolvimento (ADNER; KAPOOR, 2016), como se pode observar na Figura 7. Este é o dilema do inovador (CHRISTENSEN, 1997). Tomar este tipo de decisão não é fácil para os indivíduos e organizações, em parte

porque sua forma de avaliar o mundo costuma se basear na situação pré-ruptura e porque dados a respeito do desempenho da nova tecnologia podem ainda não existir.

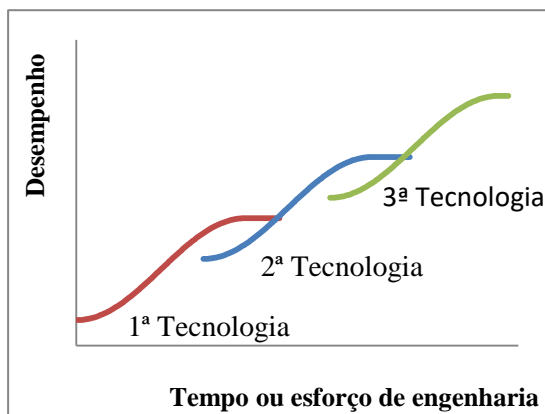


Figura 7 – Sobreposição das curvas S de uma sucessão de tecnologias
Fonte: adaptado de Christensen (1992)

2.2.3.2 Fluxos de conhecimento em Ecossistemas de Inovação

Um único ator raramente, se alguma vez, possui todo o *know-how* necessário para implementar inovações com sucesso. Por este motivo os atores em um ecossistema são dependentes dos recursos, expertise e conexões dos outros (KOSONEN, 2008, SCOTT; STORPER, 2003 apud OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014). Estrin (2009 apud WALLNER; MENRAD, 2011) adiciona que a constante interação de vários atores habilita a polinização cruzada de ideias e facilita a inovação.

Estas são ideias que se mapeiam diretamente na ideia de ecossistemas de inovação. Na opinião de Metcalfe e Ramlogan (2005) sistemas de inovação são reflexos dos limites do conhecimento individual que exigem que as organizações tenham que olhar além de suas fronteiras para obter o conhecimento necessário para inovar. Deve haver a vontade de compartilhar e a vontade de aprender, e aprender significa não apenas acessar a informação, mas capacidade de compreendê-la, detectar oportunidade em seu uso, e utiliza-la para causar uma mutação nas rotinas, nas capacidades dinâmicas, nas estruturas organizacionais, nos produtos, nos serviços e nos métodos de gestão (COHEN; LEVINTHAL, 1990; HUANG; WEI; CHANG, 2007; LABIAK JR., 2012; NELSON, 1991; TEECE; PISANO, 1994; WALLNER; MENRAD, 2011).

Apesar da grande disponibilidade de conhecimento em meios públicos, sua utilização não é simples nem imediata posto que há custos e barreiras ao seu acesso, sejam elas impostas

por governos, pela distância entre os agentes que sabem como usá-lo, pela ausência de capacidade de absorção, por diferenças culturais, por mecanismos de dependência da trajetória ou outros. O desenvolvimento desigual entre as nações é a consequência natural das diferenças de conhecimento e de maneiras instituídas muito diferentes pelas quais as sociedades correlacionam conhecimento existente e a geração de novo conhecimento (METCALFE; RAMLOGAN, 2005).

É notório que o conhecimento científico requer colaboração além das fronteiras nacionais. O conhecimento tecnológico básico pode ser razoavelmente equivalente entre as nações, mas o conhecimento tecnológico avançado é difundido lentamente e por isto atinge uma área mais restrita, além de muitas vezes ser protegido por políticas nacionais. No entanto, a globalização tem reduzido o real efeito das estratégias nacionais para a proteção deste conhecimento, porque os sistemas de produção estão se tornando parte de uma divisão internacional de trabalho que faz com que companhias multinacionais encontrem meios de driblar estas estratégias (MERCAN; GÖTKAS, 2011; METCALFE; RAMLOGAN, 2005).

Por este motivo, outro critério frequente apontado para se identificar um ecossistema de inovação, *hub* ou região inovadora é a sua conexão com redes globais de valor e sua habilidade de criar valor na economia global (PRAHALAD, KRISHNAN, 2008 apud OKSANEN; HAUTAMÄKI, 2014; ENGEL; DEL-PALACIO, 2009; ENGEL, 2015). Estas conexões podem ser especificadas em termos de fluxos de conhecimento e informação, fluxos de financiamento, fluxos de autoridade e até arranjos mais informais como redes, clubes, fóruns e parcerias (COOKE; URANGA; ETXEBARRIA, 1997).

2.2.3.2.1 Relação entre a geografia e os fluxos de conhecimento

Já há décadas que os estudos de inovação tentam confirmar se fluxos de conhecimento ocorrem de maneira facilitada entre agentes espacialmente próximos. Segundo Cooke et al. (2011) estes estudos se dividem principalmente em dois grupos: os que utilizam uma abordagem baseada em funções de produção de conhecimento, interpretando correlações positivas entre entradas e saídas inovadoras regionais como uma evidência de transbordamentos localizados; e o grupo que procura medir diretamente os fluxos de conhecimento, com uma gama mais heterogênea de abordagens empíricas. Destes últimos muitos tentam diferenciar o papel que diferentes canais de transmissão possuem na difusão do

conhecimento. Cooke et al. (2011), em seu *handbook* sobre o crescimento e a inovação regionais fazem um apanhado destes estudos.

Dentre as pesquisas do primeiro tipo, Cooke et al. (2011) apontam os resultados obtidos por Audretsch e Feldman (1996b) que concluem que mesmo após levar em consideração a concentração geográfica da produção, o grau de concentração geográfica de inovações é maior em indústrias que apresentam: (i) elevada intensidade de P&D; (ii) uma maior porcentagem de trabalhadores especializados na força de trabalho total; e (iii) maior investimento em pesquisa universitária em disciplinas relacionadas à indústria. Estes resultados sugerem que a propensão a atividades inovadoras está mais relacionada aos transbordamentos de conhecimento do que a mera concentração da produção em uma região.

Ao associar estes indícios à fase de maturidade do ciclo de vida das indústrias, os autores observaram que a **alta concentração de trabalhadores** especializados é a única associada a um maior grau de concentração espacial de inovações em indústrias em todas as fases. O **P&D industrial** está relacionado a uma maior concentração de inovações em indústrias na fase de declínio, mas não nas fases de nascimento e crescimento. Já a **pesquisa universitária** está relacionada a uma maior concentração geográfica de inovações nas indústrias nascentes, mas não naquelas em fase de crescimento e declínio (AUDRETSCH e FELDMAN, 1996a apud COOKE et al., 2011). Os estudos de Audretsch e Feldman (1999 apud COOKE et al., 2011) em áreas metropolitanas mostram também que a **diversidade de indústrias** importa mais para a concentração de inovações do que a especialização, indicando que os transbordamentos ocorrem mais entre diferentes indústrias do que dentro da mesma indústria. Conclui-se também que o fluxo de conhecimento através da **mobilidade de pessoal** é um importante canal de difusão de conhecimento, mais perene do que os transbordamentos do P&D industrial ou da pesquisa universitária.

Ainda dentro da primeira categoria, estudos a respeito do alcance destes fluxos indicam que há um **declínio da intensidade dos fluxos com o aumento da distância**, mas este não é o único fator de influência. Os esforços de P&D universitários possuem impacto substancial apenas em cidades com uma **massa crítica de empregos de alta tecnologia**, indicando que este conhecimento é aproveitado em inovações quando há um suficiente volume de pessoas com qualificação adequada para utilizá-lo em suas atividades profissionais (VARGA, 2000 apud COOKE et al., 2011). Apesar de alguns trabalhos terem estudado e encontrado correlações entre o nível de P&D conduzido na região e transbordamentos locais,

estudos mais recentes levando em conta o capital social⁴ apontam que a correlação entre o espaço e as atividades inovadoras pode estar equivocada, e que este fenômeno teria mais a ver com similaridades culturais e institucionais entre regiões contíguas do que com trocas diretas de conhecimento entre elas (TAPPEINER et al., 2008 apud COOKE et al., 2011).

Já dentre os estudos do segundo tipo, aqueles que buscam medir os fluxos de conhecimento diretamente, Cooke et al. (2011) citam exemplos que utilizam abordagens como o estudo da relação entre os fluxos de conhecimento e: (i) o uso de citações em patentes (e não o número de patentes em si); (ii) a mobilidade de trabalhadores capacitados; (iii) o mercado de transferência tecnológica (licenciamentos); e (iv) as redes sociais.

De acordo com estes estudos, patentes tem três vezes mais chance de citar outras patentes da sua própria região, e seis vezes mais chance de serem da mesma área metropolitana (JAFFE et al., 1993 apud COOKE et al., 2011). Este fato pode ser explicado pela **mobilidade de pessoal capacitado**, que é apontada pelos estudos como um importante canal de difusão de conhecimento. Estas pesquisas indicam que as razões pelas quais os fluxos de conhecimento são limitados espacialmente podem ser encontradas nos meandros do mercado de trabalho para engenheiros e cientistas, de maneira mais importante do que apenas na estrutura das redes sociais informais. O conhecimento é transferido dentro das regiões por indivíduos que mudam de organização, mas não se realocam no espaço (ALMEIDA e KOGUT, 1999 apud COOKE et al., 2011).

De acordo com Zucker et al. (1998, 2002 apud COOKE et al., 2011) o conhecimento explícito gerado por um cientista de ponta melhora o desempenho apenas daquelas companhias com as quais o cientista desenvolveu relações próximas de colaboração e trabalho. Isto porque o conhecimento é caracterizado por um alto nível de possibilidade de exclusão: em muitos casos os interessados em fazer uso de um dado conhecimento deve ter acesso às equipes de pesquisa e ao arranjo de laboratorial que o gerou. Corroborando estes resultados, os estudos de Breschi e Lissoni (2005, 2009 apud COOKE et al., 2011) apontam que uma grande parte da concentração espacial observada nas citações de patentes se deve à mobilidade localizada de inventores entre organizações. Com isto, uma das razões fundamentais para a localização dos fluxos de conhecimento é a baixa propensão desta

⁴ Refere-se aos estoques de confiança social, valores e normas das empresas. Dele decorrem importantes impactos sobre o compartilhamento de conhecimentos em atividades colaborativas dentro e fora das organizações, sobre aprendizado e sobre o comércio (custo das transações) (LUNDVALL et al., 2002; OCDE, 2005).

categoria de trabalhadores de conhecimento (inventores) de se realocar no espaço quando se movem entre firmas.

Estudos recentes que abordam o mercado de tecnologia como o de Boschma (2005 apud COOKE et al., 2011) também apontam que outras dimensões de proximidade além da geográfica, como a organizacional, a social e a institucional podem ser necessárias para entender o processo de transferência e compartilhamento de conhecimento entre diferentes organizações. Mesmo transações de mercado (licenciamentos) estão inseridas em uma teia de relações sociais que ajudam a reduzir a incerteza e o comportamento oportunista. Também ao analisar citações em patentes, Mowery e Zidonis (2004 apud COOKE et al., 2011) apontam que as citações baseadas em contratos de licenciamento são mais localizadas do que as não mercadológicas (transbordamentos) por conta do conhecimento tácito necessário para que se desenvolva a invenção licenciada, que está incorporado nos indivíduos. Acesso a este conhecimento exige desenvolvimento colaborativo e frequentes interações, que são melhor conduzidos a curta distância.

Redes sociais também foram alvos de escrutínio. Dentre estes estudos, os realizados por Singh (2005) e Breschi e Lissoni (2004) apontam que a probabilidade de ocorrer fluxo de conhecimento é elevada quando a **distância social** (número de nós entre os colaboradores) é curta, mas diminui fortemente com o aumento da distância social entre inventores (COOKE et al., 2011). Adicionalmente observou-se que redes de invenção representam canais de difusão de conhecimento entre firmas mais efetivos do que a localização próxima. A probabilidade da citação de patentes que estão a uma curta distância social, mas localizadas em regiões diferentes, é várias ordens de magnitude maior do que a de patentes localizadas na mesma região, mas conectadas por um caminho social mais longo.

Apesar disso, os estudos confirmam que a distância geográfica tem um papel significativo em fluxos de conhecimento. As chances de citação de patentes a uma elevada distância social (maiores do que seis) são maiores para patentes oriundas da mesma região do que para patentes de regiões diferentes. Desta forma, pode-se afirmar que a proximidade espacial pode ser uma condição necessária, mas não é condição suficiente para que se possa beneficiar dos fluxos de conhecimento (COOKE et al., 2011).

Adicionalmente, os pesquisadores Mariani e Giuri (2007 apud COOKE et al., 2011) chegaram a resultados que indicam que a proximidade geográfica importa menos para o alcance dos transbordamentos do que o perfil educacional dos inventores. Segundo estes resultados, **pessoas com educação superior** tendem construir redes de colaboração

geograficamente mais dispersas do que seus pares com um nível inferior de educação. Já os estudos de Ibrahim et al. (2008 apud COOKE et al., 2011) sobre pesquisadores que trabalham em *clusters* e pesquisadores que trabalham fora de *clusters* mostram que os localizados em *clusters* tendem a se beneficiar largamente de fontes locais de conhecimento, em especial quando são de conhecimento tácito e conhecimento explícito não codificado.

2.2.3.2.2 Modelos de fluxo de conhecimento

Huang, Wei e Chang (2007), em seu trabalho para a modelagem da difusão de conhecimento em uma comunidade de prática organizacional, criaram um modelo matemático que leva em consideração vários dos fatores acima mencionados para medir o potencial fluxo de conhecimento em comunidades de prática. Seu modelo leva em consideração a distância entre os indivíduos, a vontade de compartilhar, a motivação em aprender, e classifica os potenciais fluxos com base em sua intensidade. O trabalho também aborda o potencial aumento no conhecimento entre as partes que interagem e formas de relacionar estas interações a restrições orçamentárias e a limitações de tempo para a transferência de conhecimento.

De acordo com Huang, Wei e Chang (2007), a distância pode ser dividida em quatro categorias:

- (1) Distância geográfica.
- (2) Distância cultural, como língua, valores e semelhantes.
- (3) Distância tecnológica, como o nível tecnológico e o campo tecnológico de atuação das partes.
- (4) Distância social, como o *status* social e a força do poder.

De acordo com este modelo, o potencial fluxo de conhecimento é inversamente proporcional à distância entre os membros; diretamente proporcional à lacuna de conhecimento existente entre os membros; diretamente proporcional à vontade dos membros tutores em compartilhar conhecimento; e, diretamente proporcional à motivação dos membros aprendizes em aprender. O modelo é descrito pela Equação 1.

$$F_{ij} = \frac{M_j W_i}{D_{ij}} (K_i - K_j)$$

Equação 1 – Equação do fluxo de conhecimento
Fonte: Huang, Wei e Chang (2007)

Onde:

F_{ij} representa o fluxo de conhecimento entre quaisquer dois membros;

D_{ij} representa a distância entre os dois membros;

W_i representa a vontade de compartilhar do membro tutor;

M_j representa a motivação em aprender do aprendiz;

K_i representa o conhecimento total sobre um assunto do membro tutor;

K_j representa o conhecimento total sobre um assunto do membro aprendiz.

A diferença entre K_i e K_j representa a lacuna de conhecimento entre emissor e receptor.

O modelo assume que a difusão de conhecimento se dará entre emissor e receptor quando o fluxo de conhecimento exceder um limiar F . Neste caso, o fluxo recebe a denominação de atividades de compartilhamento. Se o fluxo for menor do que F , apenas atividades de discussão podem ocorrer. Ambos os tipos, as atividades de compartilhamento e de discussão são considerados atividades de difusão de conhecimento, e elevam o nível de conhecimento dos participantes (Figura 8) sem, contudo, reduzir o nível de conhecimento de quem compartilha (HUANG; WEI; CHANG, 2007).

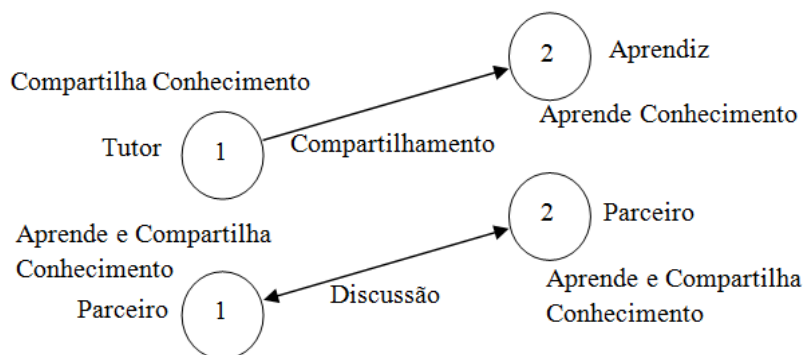


Figura 8 – Atividades de difusão de conhecimento

Fonte: Huang, Wei e Chang (2007)

Os parâmetros utilizados no modelo encontram correspondentes diretos no fluxo de conhecimento regional. A distância geográfica entre os agentes foi apontada pelos vários trabalhos descritos nas seções 2.1.1.3, 2.1.1.4, 2.1.1.5 e 2.2.3.2.1 como importante, em especial quando há elevado conteúdo tácito envolvido. A distância cultural afeta de maneira importante a comunicação entre os agentes, podendo ser percebida não apenas entre países e regiões diferentes, mas também entre organizações distintas como universidades, empresas e órgãos do governo (METCALFE; RAMLOGAN, 2005; NONAKA; TAKEUCHI, 1995). A

distância tecnológica pode ser associada ao conceito de capacidade de absorção (COHEN; LEVINTHAL, 1990) e ter impactos na curva de aprendizado do novo conhecimento.

Já a distância social é um fator mais complexo de ser avaliado. Huang, Wei e Chang (2007) relacionam esta distância às diferenças de poder e *status* social entre os indivíduos, fator que segundo os autores gera o receio em quem compartilha de perder poder e *status* para quem recebe. Adaptando o método para o uso em ecossistemas esta distância pode ser entendida como receio de se perder vantagem competitiva ou participação de mercado. No entanto, outros autores afirmam que esta distância também pode ser entendida como o número de conexões sociais que se deve percorrer até se chegar ao agente com o conhecimento útil, como exposto nos trabalhos de Singh (2005) e Breschi e Lissoni (2004) abordados em Cooke et al. (2011). A distância social pode ser de grande importância, especialmente quando não há coordenação entre os atores, entidades integradoras, um clima disseminado de confiança e o compartilhamento de uma visão ou oportunidade.

Em seu trabalho, Labiak Jr. (2012) extrapolou o modelo de Huang, Wei e Chang (2007) para uso em um Sistema Regional de Inovação (SRI), utilizando a distância geográfica para limitar a abrangência do SRI ao assumir que seria difícil que os atores locais interagissem de maneira relevante com parceiros distantes, e considerando todas as outras distâncias nulas com fins de ter uma noção da eficácia de fluxos de conhecimento identificados por outro método, o Fluxo de Conhecimento Percebido (*PKF* do inglês *Perceived Knowledge Flow*). O método foi aplicado a um pequeno SRI com 18 participantes entrevistados.

O autor utilizou questionários e entrevistas abertas orientadas a respeito do nível de conhecimento dos respondentes (gestores dos principais atores) sobre diversos tópicos relacionados à GC, à inovação e à sua indústria de atuação para estimar a lacuna de conhecimento entre cada par de indivíduos ou agentes, e identificar seus coeficientes W_i e M_j , com foco no conhecimento específico à atividade do SRI em questão. Utilizando o modelo adaptado de Huang, Wei e Chang (2007), que exclui os fluxos entre os que possuem um menor estoque de conhecimento para os que possuem maior estoque e aqueles ocorridos entre atores com estoque semelhante, o autor obteve uma matriz que identificava os potenciais fluxos de compartilhamento.

No entanto o modelo de Huang, Wei e Chang (2007) aponta apenas o potencial de fluxo de conhecimento. Não identifica se efetivamente há ou não fluxo de conhecimento entre os mesmos. Isto não necessariamente é um problema dentro de uma comunidade de prática

organizacional, pois é relativamente fácil averiguar se os colaboradores estão interagindo ou não através de seu uso de ferramentas como fóruns, e-mails, blogs e repositórios. Para sanar este problema no SRI, Labiak Jr. (2012) a matriz de fluxos potenciais ao método de análise do Fluxo de Conhecimento Percebido (*PKF* do inglês *Perceived Knowledge Flow*) para criar o Fluxo de Conhecimento Consolidado (*CKF* do inglês *Consolidated Knowledge Flow*).

O método PKF gera um mapa da percepção dos atores em relação à existência de fluxo de conhecimento entre os mesmos, considerando que os atores possuem uma boa noção de valor de seus próprios relacionamentos e motivações e baseando-se na premissa de que para haver comunicação é necessário que haja a emissão e a recepção da mensagem. Do contrário tem-se apenas a mera disponibilização do conhecimento (LABIAK JR., 2012). Nesta análise os entrevistados devem indicar com quais outros atores sua organização compartilha conhecimento, e de quem ela recebe.

O resultado da análise tomou a forma de uma matriz, que cruza as percepções relativas ao compartilhamento e recepção de conhecimento entre os atores do SRI, como se pode observar na Figura 9.

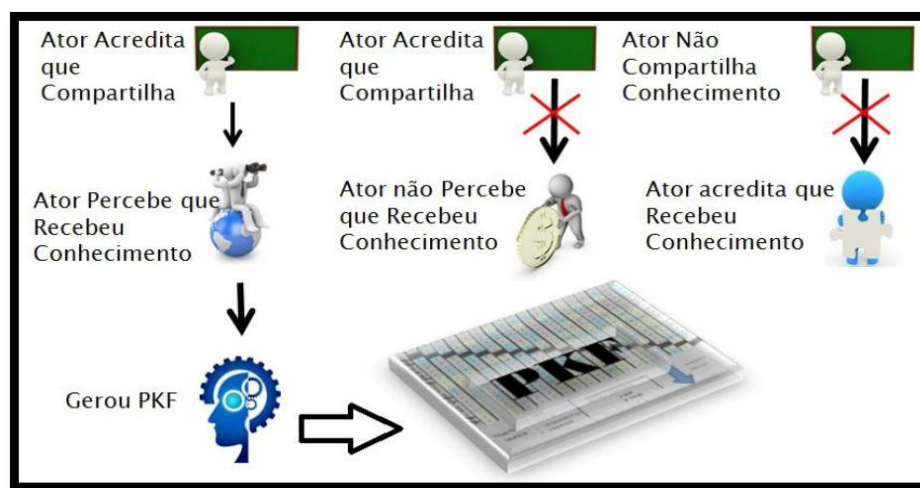


Figura 9 – Análise de confirmação do PKF
Fonte: Labiak Jr. (2012)

Labiak Jr. (2012) então cruzou os dados do *PKF* com os dados gerados pelo modelo de Huang, Wei e Chang (2007) para gerar o *CKF*, considerando como fluxos de conhecimento consolidados apenas aqueles que foram compartilhados conscientemente, cuja recepção foi percebida e cujo potencial para o fluxo de conhecimento está acima do limiar para que haja compartilhamento.

2.2.3.2.3 Confiança entre organizações e indivíduos

Não há dúvidas que a confiança é um ponto importante em relacionamentos interpessoais e interorganizacionais, e por conta disto vários autores apontam este fator como importante para que interações bem sucedidas (DURST; POUTANEN, 2013; LESTER; SOTARUTA, 2007; MSANJILA, 2009; PORTER, 2008). Relações de confiança são tão importantes para reduzir os custos de transação que Porter (1998a) as coloca como uma das vantagens de se estar localizado em um *cluster*, onde relações de confiança se formam depois de repetidas interações. No intuito de esclarecer o que é a confiança entre organizações, Msanjila (2009) pesquisou o conceito de confiança de acordo com várias disciplinas, dentre elas Sociologia, Economia e Psicologia.

Para a Sociologia, a confiança é definida através da reputação e de interações passadas entre indivíduos. Aqueles que percebem a reputação podem formar sua opinião através de informações que o detentor da reputação não controla. Para formar sua noção de confiança, os indivíduos buscam obter informações a respeito de seus interlocutores antes de lidar com eles (DASGUPTA, 1988 apud MSANJILA, 2009). Além disso, a maneira como a informação é interpretada não é simples e direta (GOOD, 1988 apud MSANJILA, 2009).

Na Economia as decisões a respeito da confiança são semelhantes a decisões a respeito de escolhas arriscadas. Indivíduos buscam estabelecer relações de confiança entre si para maximizar os ganhos esperados ou minimizar as possíveis perdas e diminuir, portanto, o risco de uma interação (JOSANG e LO PRESTI, 2004, apud MSANJILA, 2009).

Na Psicologia, a confiança se relaciona a crenças. Um comportamento relacionado à confiança ocorre quando o indivíduo acredita que sua escolha pode levar a um bom ou mal resultado, dependendo das ações do outro (MORGAN e HUNT, 1994 apud MSANJILA, 2009). Se ele opta por seguir com as interações, ele está realizando uma escolha baseada em confiança.

Como resultado de sua pesquisa, apesar de haverem trabalhos empíricos e teóricos a respeito da confiança interorganizacional, Msanjila (2009) não encontrou consenso a respeito da natureza exata, definição, percepção, preferência e medição da confiança. É difícil para uma organização formar uma opinião precisa a respeito da confiança a ser depositada em seus parceiros, fator este crucial para cooperação. Para preencher esta lacuna, Msanjila (2009) criou uma metodologia para a medição da confiabilidade racional de uma organização.

Em seu trabalho, o autor sugeriu cinco perspectivas analisadas pelas organizações para a formação da noção de confiança:

- Aspectos estruturais – relativos ao tamanho de uma organização, à sua cobertura geográfica e às suas competências;
- Aspectos econômicos – relativos à sua disponibilidade de capital, à sua capacidade de sobrevivência e à auditoria de seus números;
- Aspectos gerenciais – relativos à qualidade de sua liderança, à consistência em suas operações e à estabilidade de sua estrutura de poder;
- Aspectos sociais – relativo ao desempenho social e ao *status* da organização, às suas contribuições à sociedade e à sua aderência a suas regras e sua cultura.
- Aspectos tecnológicos – referentes à sua infraestrutura de TI, ao hardware e ao software utilizados e à sua experiência em projetos.

O autor criou o sistema *Trust Management (TrustMan)* para auxiliar organizações a, dentre outras coisas, avaliar e gerenciar o nível de confiança de outras organizações em uma rede de cooperação, tornando o processo consistente e racional a partir do uso de uma série de critérios para que se obtenha o nível de confiança em cada perspectiva.

Em um ecossistema não se pode esperar que todas as organizações gerenciem racionalmente suas relações de confiança, e nem mesmo que informações precisas relativas aos critérios de todas as perspectivas estejam disponíveis, mas entanto é possível afirmar algumas destas informações são públicas, relativamente fáceis de perceber para quem atua no mercado, e utilizadas, ainda que de maneira informal, para se atribuir um nível de confiança tanto a organizações com quem nunca se interagiu como àquelas com que já se interage há tempos.

2.3 Sistemas Adaptativos Complexos

O termo ecossistema de inovação já sugere que este tipo de ambiente deve ser estudado por uma abordagem sistêmica. No entanto, há aspectos relativos a ecossistemas de inovação que podem ser mais bem explicados entendendo-os como Sistemas Adaptativos Complexos (SAC), como por exemplo, a capacidade de mudar e de aprender com a experiência que muitos de seus atores possuem. Cabe, portanto, definir brevemente um SAC, e algumas das suas vantagens quando aplicado a um sistema social.

A complexidade emerge quando as dependências entre os elementos são importantes, ou seja, quando as ações de um elemento impactam positivamente ou negativamente na satisfação de outros. A remoção de um elemento destrói o comportamento do sistema além do que está incorporado no elemento removido (MILLER; PAGE, 2007). Por conta disto, mundos complexos não podem ser reduzidos, pois a complexidade é uma propriedade profunda do sistema. Devem ser estudados com todos os elementos relevantes em interação. Paradoxalmente, ao mesmo tempo em que sistemas complexos são frágeis, eles podem ser altamente robustos a mudanças menos radicais em seus componentes, demonstrando resiliência em certos padrões.

Em sistemas complexos o comportamento macro emerge das atividades de seus componentes de baixo nível, apesar deste não estar embutido no comportamento dos indivíduos (CHAUDHRY, 2016; MILLER; PAGE, 2007). É resultado de forças organizadoras poderosas que superam uma variedade de mudanças nestes componentes, ainda que não haja fortes mecanismos coordenação global. Esta desconexão implica que, dentro de certos limites, os detalhes do comportamento local não importam ao comportamento global, que pode superar uma variedade de mudanças nos componentes de baixo nível (MILLER; PAGE, 2007). Isto pode levar a surpresas, posto que comportamentos codificados a nível individual podem levar a comportamentos inesperados ao nível macro (CHAUDHRY, 2016).

Muitos sistemas sociais possuem características inatas que tendem a produzir a complexidade. Sejam abelhas ou pessoas, os agentes sociais estão imersos em uma rede de conexões uns com os outros e, através de uma variedade de processos adaptativos eles devem navegar através de seu mundo, reagindo às ações e previsões de outros agentes. Estas conexões podem ser relativamente simples e estáveis ou complicadas e em constante mudança. Agentes sociais também são capazes de mudar através de deliberações ponderadas, ainda que não brilhantes, a respeito do mundo que habitam. Devem continuamente realizar escolhas sobre suas ações, seja por cognição direta ou através de heurísticas próprias, destinadas a simplificar o mundo para que os agentes possam decidir de acordo com as suas limitações. As conexões inerentes aos sistemas sociais exacerbam estas ações à medida que os agentes se tornam ligados uns aos outros, criando laços de realimentação. O resultado é um sistema onde as interações entre os agentes se tornam altamente não lineares, tornando o sistema difícil de decompor à medida que a complexidade se instala (MILLER; PAGE, 2007).

2.4 Síntese do Capítulo

Neste capítulo apresentou-se conceitos importantes sobre ecossistemas de inovação, suas origens, usos e elementos principais; sobre o conhecimento, seus tipos, aprendizado e fluxo; além de noções sobre sistemas adaptativos complexos, todos conceitos fundamentais para o desenvolvimento e compreensão desta tese. Cabe, ainda, realizar um apanhado destes conceitos e esclarecer como serão utilizados.

O conceito de ecossistema de inovação, por sua importância no atual debate sobre inovação em diversas disciplinas, foi escolhido como o ponto de partida deste trabalho. Flexível, pode se adaptar a diversas situações, possibilitando a análise desde organizações a regiões ou indústrias inteiras. Salienta-se os mecanismos de seleção natural por aptidão, e os mecanismos de adaptação, que são os motores da evolução da população; e a interdependência entre atores de diferentes naturezas. Estes mecanismos parecem encontrar seu correspondente nos mecanismos de mercado, que de forma análoga seleciona as organizações com o mix de tecnologia, gestão e modelo de negócios mais adaptadas a sobreviver em um dado ambiente; nas tentativas de melhorias feitas pelas organizações para aumentar sua produtividade, competitividade e chances de sobrevivência; e na necessária sinergia entre diversos atores para que novo conhecimento seja criado, transformado e difundido até finalmente ser aplicado. A analogia será útil na criação dos mecanismos para a simulação do ambiente.

No entanto, resta a delimitação das fronteiras do ecossistema. Tal como mencionado por Allen e Hoekstra (2015), pode ser difícil encontrar o parâmetro que será o divisor de águas a ser utilizado. Dado o foco deste estudo nos fluxos de conhecimento, utilizar-se-á o próprio conhecimento para a definição de quem pode ou não potencialmente fazer parte do ecossistema, aliado ao alcance das relações entre os atores tal como exposto na seção 2.2.3.2.1. A forma como o conhecimento será utilizado para a seleção dos componentes que farão parte do ecossistema, e como os tipos de conhecimento influenciarão nos fluxos de conhecimento será melhor explicada na seção 4.2.3.

O modelo de fluxo de conhecimento de Huang, Wei e Chang (2007), apesar de ter sido utilizado para observar o fluxo em comunidades de prática, é um bom ponto de partida para se estimar o fluxo de conhecimento entre organizações. No entanto, pode-se entender como a “motivação em aprender” de forma mais ampla, como a probabilidade de a organização se envolver em atividades de aprendizado, dado o fato de que já não se trata da caracterização de

uma única pessoa, mas de uma organização inteira. Da mesma forma, pode-se entender a “disposição em compartilhar” como a probabilidade de se absorver conhecimento de uma dada organização, algo que pode ocorrer de múltiplas maneiras e nem sempre de acordo com a vontade da mesma.

A noção de capacidade de absorção e a curva de aprendizado são importantes para a noção de motivação em aprender, posto que ainda que a organização expresse que possui vontade de aprender e entende a necessidade de mudar, a percepção de que o esforço seria excessivo se comparado aos ganhos diminuiria a probabilidade de que esta organização venha a se envolver em atividades de aprendizado.

A disposição em compartilhar, por sua vez, dependerá da natureza do ecossistema e da cultura da organização. Estar localizada em um ecossistema onde há baixa reciprocidade e estruturas de proteção ao capital intelectual deficientes, de forma que a maioria prefira copiar a licenciar, pode levar uma entidade a dificultar o compartilhamento de seu conhecimento. Por outro lado, há ecossistemas onde os transbordamentos podem ser considerados salutares, onde o fluxo de profissionais entre as organizações é encorajado, de maneira que a cada vez que estes ocorram a organização se sinta impelida a investir em GC para facilitar estes fluxos, aumentando a probabilidade de compartilhamento no futuro. Passa-se, portanto, a considerar os fluxos que Labiak Jr. (2012) optou ignorar ao aplicar o seu *CKF*.

Já do trabalho de Msanjila (2009) pode se utilizar a percepção de confiança que uma organização tem na outra para a seleção de parceiros para a interação, posto que ainda que um indivíduo ou organização esteja motivado a aprender e/ou disposto a compartilhar seu conhecimento, este pode não confiar em seu interlocutor para tal, seja por conta de sua reputação ou por conta de seu histórico de interações passadas.

Além de motivação para aprender e disposição em compartilhar, para que a relação por onde o fluxo de conhecimento ocorrerá se formar é necessário que haja confiança entre as organizações. Nem sempre todas as informações utilizadas por Msanjila (2009) para estimar confiança estão disponíveis, no entanto há com certeza aquelas que são mais visíveis. É relativamente fácil perceber o sucesso dos produtos de uma companhia pelo seu *marketshare*, e indiretamente seu sucesso gerencial pelo seu crescimento, estabilidade, governança e lucratividade. Há dados que todas as empresas são obrigadas a informar, como o capital social integralizado, e no caso das empresas de capital aberto, relatórios, balanços e demonstrações de resultado do exercício. Na ausência de informações e de formalismo na avaliação da confiança por parte dos integrantes do ecossistema pode-se, portanto, utilizar uma versão

simplificada do trabalho de Msanjila (2009), utilizando o *marketshare* da organização como uma medida de aptidão, e seu tamanho e recursos acumulados como uma medida da qualidade de sua gestão, de sua reputação no mercado e de sua estabilidade financeira para investimentos e parcerias. Com isto espera-se obter uma noção do grau de sua atratividade como parceiro para interações.

Como já mencionado, em ecossistemas onde a distância é importante esta atratividade pode ser o fator a ser ajustado em função da distância, de forma que um parceiro distante só teria boas chances de ser escolhido se tiver uma excelente reputação. Já parceiros próximos têm mais chances de serem escolhidos como parceiros, mesmo que não disponham de reputação estelar.

Outro ponto de interesse é quanto à como estudar o ecossistema. Sugere-se que um ecossistema de inovação seja abordado como um SAC, dado o impacto que as ações de um indivíduo têm sobre si mesmo e sobre os outros indivíduos, evidenciando as alças de retroalimentação e as interdependências que caracterizam os SACs. Segundo esta abordagem assume-se também que os atores de um ecossistema evoluem com o tempo, aprendendo com suas experiências, ainda que utilizando para tanto heurísticas que não os levem a um resultado ótimo. Assumindo que estas heurísticas são diferentes de ecossistema para ecossistema dada sua história, cultura e instituições, ecossistemas partindo das mesmas condições podem chegar a resultados diferentes e ecossistemas partindo de condições diferentes podem chegar ao mesmo resultado. Estas características exigem cautela e o uso de ferramentas de pesquisa que consigam lidar com a complexidade, a heterogeneidade dos atores, a adaptabilidade e diversidade de regras que regem um ecossistema.

Na próxima seção a metodologia e o aparato tecnológico utilizados nesta tese serão apresentados.

3 METODOLOGIA

Utilizou-se neste trabalho o método científico clássico para a condução e o delineamento do percurso da pesquisa. Esta se fundamenta na indução incompleta ou científica, criada por Galileu e aperfeiçoada por Bacon (MARCONI; LAKATOS, 2003), onde se parte de observações sistemáticas, formulação de hipóteses, seguido de experimentações e conclusões. Este método é mais adequado aos trabalhos que envolvem também as ciências sociais, onde o uso do método dedutivo é limitado pela dificuldade de se obter argumentos gerais cuja veracidade não possa ser colocada em dúvida (PRODANOV; FREITAS, 2013). Segundo Lakatos e Marconi (2003), a indução é um processo mental do qual se parte de dados particulares para inferir uma verdade geral ou universal não contida nas partes examinadas. O objetivo, portanto, é chegar a conclusões cujo conteúdo é mais amplo do que o das premissas nas quais se basearam. As autoras assinalam que o argumento indutivo conduz apenas a conclusões prováveis, posto que a indução científica fundamenta-se na causa ou na Lei que rege o fenômeno ou fato, constatada em um número significativo de casos, mas não em todos (MARCONI; LAKATOS, 2003).

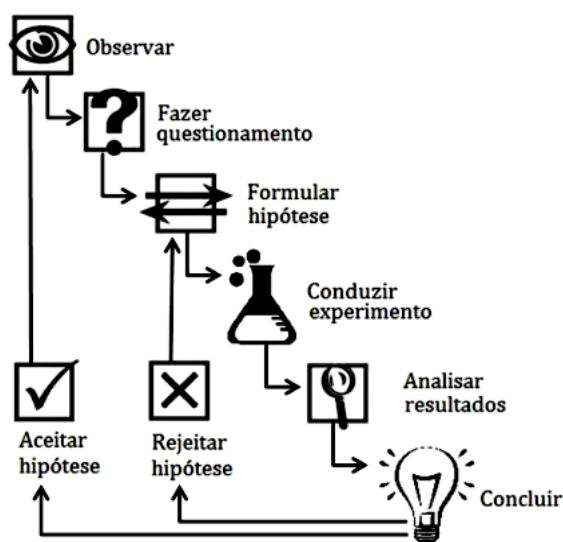


Figura 10 – Etapas do método científico

Fonte: adaptado de Harris (2013)⁵

O método científico tradicional (Figura 10) inicia-se com a observação de um fenômeno que mobiliza o interesse investigativo do pesquisador e, por conseguinte, gera

⁵ Harris, William. How the scientific method works. Site de Internet. <<https://stemcellcollege.files.wordpress.com/2013/12/scientificmethod.pdf>> . Acesso em 27-02-2018.

questionamentos acompanhados por afirmativas de cunho dedutivo representado por hipóteses. Experimentos são conduzidos para testar repetidamente e em diversas condições as hipóteses formuladas. Após a análise dos resultados, pode-se concluir sobre a aceitação da hipótese ou rejeição para posterior aprimoramento ou reformulação.

No entanto, como apontam Ritala e Almpanopoulou (2017), a pesquisa empírica de ecossistemas de inovação encontra muitas dificuldades por conta da natureza complexa de seus fenômenos, impondo requisitos quase insuperáveis para abraçar o conceito em sua totalidade e, por conta disto, a maior parte da pesquisa realizada atualmente consiste em estudos de caso. Os maiores desafios estão em se obter medidas da co-evolução em ecossistemas de inovação, dadas as múltiplas interdependências entre organizações, tecnologias, indivíduos e instituições (OH et al., 2014; RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017). Isto porque a mensuração do desempenho coletivo de qualquer fenômeno multiautores é uma tarefa difícil, pois há a possibilidade do surgimento de tensões e contradições entre os objetivos dos atores e os objetivos do sistema, criando dúvidas quanto ao desempenho de quem (e como) se deve medir (RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017). Este é um dos motivos pelo qual Ritala e Almpanopoulou (2017) sugerem o uso de abordagens como a simulação computacional para o estudo de ecossistemas.

O uso de simulação computacional também ajuda a superar dificuldades tais como o tempo e os recursos disponíveis para a execução de um estudo, a viabilidade prática de certos experimentos, os aspectos éticos de se interferir diretamente nos sistemas observados, além da dificuldade de se obter indicadores lineares com uma clara relação entre entrada e saída que realmente meçam o desempenho de um ecossistema (LO, 2017; OH et al., 2014; RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017). Os autores adicionam que o uso de ferramentas de simulação tem o potencial de evoluir os estudos do tema de meramente descritivos para estudos mais preditivos (RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017).

Outra das grandes forças da simulação computacional reside na capacidade de representar fenômenos dinâmicos. Muitas das ferramentas analíticas tradicionais evitam a ênfase em processos dinâmicos e focam em estados de equilíbrio. Quando caminhos de transição são curtos e as condições são estáveis, tal abordagem pode até prover uma boa descrição do mundo, mas em sistemas naturais equilíbrios normalmente são associados à morte do sistema. As condições que favorecem a análise do equilíbrio são a exceção, e não a regra, em muitos sistemas sociais complexos adaptativos. Mesmo quando ocorre o equilíbrio, noções da dinâmica do sistema podem ser usadas para clarificar o caminho de transição e o

tempo até o equilíbrio. Em situações onde não há equilíbrio ou onde os caminhos transientes são longos, entender a dinâmica é crítico (MILLER; PAGE, 2007).

Modelos computacionais também possuem grande replicabilidade, permitindo múltiplas observações do mesmo sistema com as mesmas condições iniciais. Em experimentos reais envolvendo pessoas, que alteram o seu comportamento baseados em expectativas e/ou experiências, é impossível repetir um experimento com os mesmos sujeitos em condições idênticas. Em modelos computacionais é fácil remover as experiências dos sujeitos e realizar o experimento novamente com pequenas alterações nos parâmetros. Outros elementos que costumam confundir os experimentadores, como manipular as recompensas, as expectativas, e a aversão ao risco podem ser bem controladas em mundos artificiais (MILLER; PAGE, 2007).

A próxima seção descreve a abordagem de modelagem computacional escolhida para a implementação do modelo que dará suporte aos experimentos.

3.1 Modelagem Computacional Baseada em Agentes

Com o aumento da capacidade dos computadores em décadas recentes, modelos computacionais de simulação estão se tornando cada vez mais poderosos e úteis, permitindo que lance um novo olhar em vários problemas antigos (MILLER; PAGE, 2007; SHIFLET; SHIFLET, 2014). Hoje simulações computacionais já são consideradas uma poderosa ferramenta analítica de uso geral, frequentemente listada como uma das ferramentas preferidas entre analistas, juntamente com a análise estatística e os modelos de regressão (WEIMER; MILLER; HILL, 2016). Dentre os paradigmas de modelagem com grande potencial estão os modelos baseados em agentes, que permitem a descrição do comportamento de atores em termos de regras simples (WILENSKY; RAND, 2015).

Por conta da escolha abordagem baseada em SACs, caracterizada pela ação de diferentes agentes interdependentes, com múltiplas relações e alças de retroalimentação, heterogeneidade, possibilidade de ocorrência de fenômenos emergentes e possivelmente caóticos, foi escolhida a modelagem baseada em agentes (MBA) para elaborar os experimentos para o teste das hipóteses aqui apresentadas. De acordo com Davis et al. (2007 apud CARAYANNIS; PROVANCE; GRIGOROUDIS, 2016), este tipo de simulação é particularmente adequada ao desenvolvimento de teorias por conta de suas vantagens em reforçar a precisão teórica e a validade relacional interna, além de permitir a elaboração

teórica e a exploração através da experimentação computacional. Miller e Page (2007) concordam, afirmando que modelos computacionais, em conjunto com o estudo de sistemas complexos, podem ser utilizados para reconhecer padrões em fenômenos do mundo real, em especial os sociais, como mercados e decisões de alocação geográfica. De acordo com os autores, provas indutivas podem ser obtidas a partir de diversas observações de um fenômeno de interesse em ambientes simulados computacionalmente (MILLER; PAGE, 2007).

A Modelagem Baseada em Agentes (MBA), também conhecida por outros rótulos como simulação baseada em agentes, simulação adaptativa complexa e simulação orientada a objetos (WEIMER; MILLER; HILL, 2016) é uma estrutura de modelagem computacional que utiliza primariamente o paradigma de programação a eventos discretos para simular processos dinâmicos que envolvem agentes autônomos agindo por conta própria, sem regulação externa, em resposta a situações que estes podem encontrar durante a simulação (MACAL; NORTH, 2014; WEIMER; MILLER; HILL, 2016). Os MBAs, como modelos computacionais, são particularmente interessantes para a modelagem de sistemas complexos por sua capacidade de capturar comportamentos emergentes (MILLER; PAGE, 2007; WILENSKY; RAND, 2015). Neste texto, MBA será utilizado para descrever tanto o paradigma de modelagem quanto os modelos baseados no mesmo, dependendo do contexto.

Para Wilensky e Rand (2015) o potencial de uso de MBAs em sistemas sociais é particularmente interessante, já que a principal infraestrutura representacional neste campo consiste em palavras e textos. Representações textuais não são capazes de especificar uma ideia com precisão facilmente, de forma que esta pode ser interpretada de maneira significativamente distinta por pessoas diferentes. Da mesma forma, textos não são representações dinâmicas, e não são capazes de expressar uma resposta imediata das consequências das premissas embutidas nos mesmos. A flexibilidade de uso e modificação faz dos MBAs ferramentas ideais como laboratórios e bancadas de ensaio virtuais, particularmente úteis para as ciências sociais onde a experimentação direta pode ser inviável ou antiética (WEIMER; MILLER; HILL, 2016).

Quando possível uma das alternativas consideradas para superar as dificuldades acima mencionadas seria a simulação usando Modelos Baseados em Equações (MBE), uma poderosa ferramenta já bem estabelecida em campos como a Economia. No entanto, ao usar MBEs para modelar o mundo, cientistas sociais frequentemente se viam limitados ao reproduzir fenômenos emergentes em sistemas complexos. MBEs são limitados a situações relativamente estáticas e homogêneas, compostas por poucos ou por infinitamente muitos

indivíduos razoavelmente iguais. Estes, por sua vez, são frequentemente representados como muito inaptos ou extraordinariamente racionais, em situações onde o tempo e o espaço importam pouco (WOOLDRIDGE, 2009). O foco dos MBEs costuma ser o comportamento agregado macro, onde não importa conhecer a evolução do comportamento individual. O mundo real, no entanto, se localiza entre estes extremos (MILLER; PAGE, 2007).

Em MBAs um agente pode ser definido como um elemento individual autônomo que possui propriedades particulares, estados e comportamentos (WOOLDRIDGE, 2009). MBAs codificam o comportamento de qualquer número de agentes individuais em regras simples, e os resultados das interações destes agentes podem ser observados à medida que evoluem. Podem ser heterogêneos, e o seu ambiente pode mimetizar o tempo e o espaço. São capazes de interagir com outros agentes, assim como com o ambiente, efetuando trocas de informações e executando ações. Ao fazê-lo, podem atualizar seu estado interno, causar mudanças no estado do ambiente e no de outros agentes, decidir tomar novas ações e até mesmo modificar o seu comportamento (MACAL; NORTH, 2014; WILENSKY; RAND, 2015).

Isto é possível porque a MBA permite avaliar os resultados alcançados por agentes individuais a cada iteração. Há várias maneiras pelas quais um agente pode atingir seus objetivos, e da mesma forma, um agente pode alcançar diferentes graus de satisfação ao atingi-los. A adição da noção de utilidade provê uma forma de avaliar o nível de satisfação que o agente atingiria em diferentes estados do ambiente, e até permitir que o agente escolha o melhor curso de ação a partir do seu ponto de vista (RUSSELL; NORVIG, 1995). Ainda assim, sistemas evolucionários reais frequentemente ficam presos em pontos ótimos locais. Por conta disto Miller e Page (2007) comparam sistemas sociais adaptativos à anedota em que dois campistas fogem de um urso buscando não correr mais do que o urso, mas sim correr mais do que o outro campista. MBAs são excelentes ferramentas para modelar agentes que possuem racionalidade limitada.

Outra vantagem da MBA sobre MBEs é a facilidade com que se entende representações baseadas em agentes em relação a representações matemáticas do mesmo fenômeno. Isto porque MBAs são construídos a partir de objetos individuais e regras simples de comportamento, ao passo que modelos equacionais são construídos com símbolos matemáticos. Isto a torna acessível a vários usuários sem intimidade com equações matemáticas. MBAs também podem ser mais detalhados do que modelos matemáticos, pois provem detalhes ao nível individual e ao nível agregado ao mesmo tempo. Esta abordagem

“de baixo para cima” contrasta com a abordagem “de cima para baixo” de muitos modelos matemáticos, que exibem apenas o comportamento do sistema agregado, sem e dizer nada sobre os indivíduos (WILENSKY; RAND, 2015).

MBEs assumem que fatores do modelo possuem uma influência (ou causalidade) direta sobre sua saída, ao passo que MBAs permitem que a causalidade indireta, através da emergência, tenha maior efeito sobre os resultados dos modelos. Ao passo que um modelo nunca irá além dos limites de sua estrutura inicial, isto não implica que o modelo não possa ir além do entendimento inicial de seu criador (e ao fazer isto permitir o desenvolvimento de novas visões teóricas). Para criar modelos que vão além do nosso entendimento inicial, é necessário incorporar estruturas flexíveis o suficiente para permitir a emergência. Modelos úteis surgem quando instruções apenas suficientes para criar os objetos de interesse são impostas, mas não tantas que acabem por impor uma solução (MILLER; PAGE, 2007).

Claro, os paralelos acima expostos não diminuem a utilidade e a importância das outras ferramentas. MBEs costumam ser consideravelmente mais compactos, e evitam longas simulações quando a dinâmica do processo não é do interesse do pesquisador. Não a toa é grande o seu campo de aplicação, onde têm sido usados com elevado grau de sucesso. Adicionalmente, modelos híbridos podem ser construídos utilizando MBEs e modelos regressões para implementar os mecanismos internos de um MBA, obtendo o melhor dos dois mundos (WILENSKY; RAND, 2015). Cabe ao pesquisador, portanto, escolher a ferramenta mais adequada aos seus propósitos.

Nas seções a seguir serão apresentadas a metodologia de modelagem e as ferramentas utilizadas para a implementação do modelo.

3.2 Metodologia de Modelagem

Para Wilensky e Rand (2015) a criação de um MBA não é linear, mas realizadas em passos que se sobrepõem como parte de um processo de exploração e refinamento iterativos do modelo e de sua questão motivadora. Pode ser feita de diversas maneiras, que dependerão do domínio sobre o fenômeno, domínio sobre a ferramenta de modelagem, e estilo de modelagem do pesquisador. Para facilitar este processo, os autores sugerem três dimensões a serem consideradas antes de se iniciar o processo de modelagem:

Abordagem baseada em fenômenos x exploratória: a modelagem baseada em fenômenos consiste em encontrar um conjunto de agentes e suas regras que irão gerar um

determinado padrão de referência. Uma vez que se obtém este padrão, tem-se um mecanismo candidato para explicar o padrão, assim como um modelo onde é possível variar parâmetros para observar se outros padrões emergem, e talvez encontrar estes novos padrões em conjuntos de dados ou experimentos no mundo real. Esta é uma abordagem frequentemente usada para criar MBEs. Já na **modelagem exploratória** cria-se um conjunto de agentes e seu comportamento, e então se explora os padrões que emergirem. Para contar como modelagem, similaridades entre o comportamento do modelo e algum fenômeno do mundo real devem ser observadas. Refina-se, então, o modelo para que este convirja para um modelo explanatório de um dado fenômeno.

Grau de especificidade da pergunta de pesquisa: pode-se começar com uma pergunta de pesquisa específica (ou um conjunto de perguntas), ou pode-se iniciar com um senso de domínio que se quer modelar como, por exemplo, o comportamento de animais ou pessoas, mas sem uma pergunta clara a ser respondida. Neste caso, à medida que se explora o espaço de modelagem a pergunta é gradualmente refinada, até que se obtenha um modelo e uma pergunta que se complementem.

Grau de maturidade do modelo conceitual: pode-se primeiro elaborar completamente o modelo conceitual antes de se iniciar a implementação do modelo computacional, numa abordagem *top-down*. Nesta abordagem todos os tipos de agentes, seu ambiente, e suas regras de interação são definidas antes de se escrever o código. É útil quando o criador do modelo conceitual não é o programador do modelo computacional e, portanto, especificações claras e tão completas quanto possível devem ser passadas ao programador. Alternativamente, o modelo conceitual e o modelo computacional podem coevoluir, de maneira que um influencie o outro, de maneira *bottom-up*. Nesta abordagem apenas deve-se escolher um domínio ou fenômeno de interesse, mesmo sem uma pergunta formal, e então iniciar o código, acumulando os mecanismos necessários, as entidades e suas propriedades, refinando as perguntas de pesquisa formais durante o processo.

Ao final do processo, o modelo deve ter claros os seguintes aspectos (WILENSKY; RAND, 2015):

- Questão norteadora que se deseja explorar com o modelo;
- Tipos de agentes e qual a “granularidade” dos mesmos;
- Propriedades inerentes aos agentes, seus parâmetros, suas variáveis;
- Comportamento dos agentes, que tipo de ação eles podem desempenhar, suas regras de ativação;

- Parâmetros do modelo, como o número de agentes, e parâmetros ambientais que irão influir sobre o comportamento do modelo;

- Atividades a cada iteração de tempo, o que deve acontecer, em que ordem.

- Medidas a serem obtidas da simulação.

Miller e Page (2007) sugerem ainda que para se modelar sistemas sociais como MBAs é útil mapear oito dimensões do modelo desejado. Estas podem ser sobrepor em alguns aspectos aos aspectos de Wilensky e Rand (2015), no entanto ainda assim são úteis para que se tenha alguma certeza de que detalhes importantes não foram esquecidos na modelagem. São estas:

1) Visão: engloba as informações que um agente recebe do mundo, podendo influenciá-lo direta ou indiretamente;

2) Intenção: os agentes podem possuir um conjunto de objetivos explícitos, bem definidos, que direcionam suas ações. Quando não é o caso, estes objetivos podem estar implícitos, codificados nas suas ações. Intenções introduzem forças poderosas em um modelo;

3) Fala: agentes podem enviar informações a outros agentes realizando ações observáveis, ou ainda de forma explícita através de um canal de comunicação. Diferentes modelos variam no tipo de informação que pode ser comunicada, na forma como as informações fluem entre agentes, assim como na qualidade desta informação;

4) Ação: cada agente recebe e processa informação e, através de suas ações (ou inação), gera informação que influencia outros agentes assim como o próprio sistema. Além disto, as ações dos agentes podem ser sincronizadas ou não, serem ativadas de maneira aleatórias, ou através de algum tipo de incentivo, como um determinado valor de seu estado interno;

5) Sobrevivência: é relativa às recompensas percebidas pelos agentes. Resultam de benefícios ou custos impostos aos agentes, e pode estar relacionadas à própria física do ambiente. Estas recompensas podem assumir diversos papéis em diferentes modelos. Podem decidir quem vive ou morre e serem o motor da adaptação e da seleção através de oportunidades de reprodução baseadas em desempenho. Podem também ser utilizadas para determinar a ordem de ativação da atualização dos agentes;

6) Esforço: aborda as estratégias e as ações dos agentes. Relaciona-se com a forma que os agentes antecipam e reagem ao comportamento potencial de outros agentes. Podem assumir muitas formas, desde simples heurísticas fixas até elaboradas rotinas

de otimização que variam com o tempo. Em sistemas sociais podem representar um desafio, posto que em muitos contextos as pessoas aparentam não seguir qualquer regra. Em outros aparentam seguir regras que são contrárias aos seus próprios objetivos. Há muitas razões para que as pessoas não exibam grande sofisticação comportamental. Se a regra em uso gera resultados minimamente satisfatórios as pessoas podem não ver motivos para mudar. Ou ainda, as pessoas podem não conseguir inferir adequadamente as relações causais entre suas ações e os resultados obtidos, algo cada vez mais difícil com o aumento da complexidade do ambiente. As pessoas podem, também, não ter tempo hábil para pensar em uma estratégia ótima e decidir seguir regras comportamentais antigas, ou mesmo inventar novas regras de momento. O fato é que há cenários em que as pessoas podem ser muito cautelosas e racionais, visando maximizar os resultados e, em outros agir de acordo com intuições, emoções e instintos;

7) Consciência: tem a ver com o nível de cognição utilizado por um agente. Pode-se modelar pessoas de forma bastante simples ou muito sofisticada, utilizando modelos mentais e outras estruturas para informar a ação. Para determinar o nível adequado de sofisticação é útil se perguntar não se os agentes são racionalmente limitados, mas se dentro do contexto isto faz diferença, pois não há necessidade de que os elementos de um modelo sejam exatamente iguais aos do sistema sob investigação. Os agentes precisam apenas minimamente emular o comportamento humano, até porque dificilmente alguém seria capaz de especificar por completo o comportamento de um ser humano, em especial quando este comportamento é inferido a partir de meras observações;

8) Concentração: o modelo deve ter um foco, ou seja, deve modelar aspectos apenas suficientes para capturar o fenômeno de interesse. Modelos possuem contextos, e o que funciona bem em um contexto pode falhar em outros. Outro elemento de concentração é a quantidade de heterogeneidade no modelo, que pode ser implementada de várias maneiras. Um método é ter uma “ecologia” de tipos de agentes, cada um dependendo de diferentes mecanismos comportamentais. Pode-se também utilizar agentes homogêneos, mas com diferenças em suas experiências, informação possuída, ou outras características secundárias que causarão diferenças comportamentais entre os agentes.

Os autores acrescentam que modelos de fenômenos em sistemas complexos devem ser simples. O objetivo de um modelo, seja qual for o alvo, é simplificar um mundo complexo para facilitar sua compreensão (MILLER; PAGE, 2007). Wilensky e Rand (2015) chamam isto de “*o princípio de projeto da MBA: comece simples e construa em direção à pergunta que se quer responder*”, ou seja, começa-se com o conjunto mais simples de agentes e regras, e daí expande-se o modelo conforme a necessidade de simular novos contextos e responder a novas perguntas. Manter o modelo simples também evita que se tenha uma explosão de parâmetros a ajustar para se testar diferentes casos.

Adicionalmente, o comportamento de um MBA baseado em mecanismos estocásticos pode variar grandemente de execução para execução. Por conta disto, raramente é suficiente executar o modelo apenas uma vez para capturar o comportamento da maioria dos MBAs. É necessário que se execute o modelo múltiplas vezes e então que se agreguem os resultados (WILENSKY; RAND, 2015). Isto não significa que o modelo não possa fazer previsões. Se o modelo for executado centenas ou milhares de vezes, obtém-se uma distribuição de resultados, uma nuvem. Ao se comparar o resultado de um modelo deste tipo a uma situação do mundo real estar-se-ia comparando uma distribuição de resultados produzidos pelo modelo a uma distribuição de resultados possíveis no mundo real, comparando-se, portanto, nuvens a nuvens (MILLER; PAGE, 2007).

3.3 Síntese do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados a metodologia científica, o tipo de ferramenta utilizada para os experimentos e a metodologia de modelagem utilizadas na elaboração desta tese. Foi escolhido o **método científico clássico fundamentado na indução incompleta ou científica**. Para a realização dos experimentos necessários ao método, optou-se por criar um **ambiente de simulação computacional baseado em agentes**. A abordagem de modelagem utilizada foi a **baseada em fenômenos** com procedimento de implementação **top-down**, partindo do modelo conceitual que será apresentado no próximo capítulo, ainda que o processo de implementação tenha levado a alterações no conceito típicas do método **bottom-up**, aceitáveis dada a natureza inerentemente não linear e iterativa do processo de modelagem (WILENSKY; RAND, 2015).

Utilizou-se, então, uma abordagem qualitativa para a análise dos resultados das simulações onde se observa a mudança na natureza e na condição dos agentes. Não se busca,

portanto, observar o simples aumento ou diminuição de quantidades, mas a passagem de uma qualidade ou de um estado para o outro, ainda que esta decorra de mudanças de quantidade (MARCONI; LAKATOS, 2003). Langley (1999, apud RITALA; ALMPANOPOULOU, 2017) vê valor em utilizar processos de pesquisa qualitativa para o estudo de fenômenos dinâmicos como ecossistemas de inovação, pois estes podem prover um rico entendimento a respeito do “como” e do “porquê” estes ocorrem. Nesta abordagem o ambiente é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave. A análise é descritiva, e os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O foco principal está no processo e em seu significado (SILVA; MENEZES, 2005).

Observa-se a instanciiação do método científico clássico no desenvolvimento global da tese, o que está refletido nos seguintes capítulos deste documento:

- Observação, questionamentos, hipóteses apresentados no capítulo 0;
- Experimentos e análise dos resultados mostrados no capítulo 0;
- Conclusões expostas no capítulo 6;
- Sugestões para aprimoramento ou reformulação no capítulo 6.

4 UM MODELO DE ECOSSISTEMA DE INOVAÇÃO BASEADO EM FLUXO DE CONHECIMENTO

4.1 Visão do Trabalho

O modelo, em resumo, trata da difusão tecnológica através de fluxos de conhecimento em um ecossistema de inovação. A Figura 11 ilustra a visão que guia este trabalho. O modelo proposto contém três tipos de elementos genéricos, nomeadamente Entidades, Relações e o Conhecimento, que flui entre as entidades através das relações estabelecidas. Estes elementos estão imersos em um contexto fornecido pelos Elementos de Sustentação do Ambiente, que podem favorecer ou inibir os fluxos de conhecimento. O ambiente também seleciona as entidades que irão prosperar e sobreviver, fazendo com que estas busquem maneiras de melhorar sua adaptação e chances de sobrevivência no ambiente.

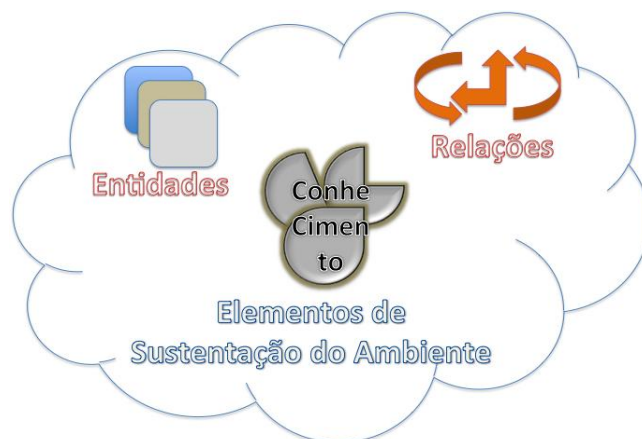


Figura 11 - Componentes do modelo conceitual de ecossistema de inovação

Fonte: o autor

A presença dos elementos, no entanto, não garante a existência de um ecossistema de inovação. Estes devem trabalhar em conjunto de maneira sinérgica. As relações devem existir entre entidades de conhecimentos afins, o conhecimento deve ser renovado através da geração de novo conhecimento ou da absorção de conhecimento externo, que deve então ser utilizado em novos processos e produtos. Para tanto, deve existir uma visão compartilhada, um ambiente propício de negócios (legislação, mecanismos de mercado, existência de mão de obra especializada em abundância, costumes locais), a predominância de uma cultura de cooperação e vontade de experimentar o novo, dentre outros. No entanto, várias combinações

destes elementos podem levar a bons ou a maus resultados, e um conjunto que funciona bem em um ecossistema pode não funcionar em outros por conta de pequenas diferenças em um ou mais destes elementos.

A seguir cada um dos tipos de elementos será exposto em detalhes.

4.2 Elementos de um Ecossistema de Inovação Baseado em Fluxos de Conhecimento

4.2.1 Entidades

Diferentemente de outras teorias, que caracterizam as organizações de acordo com o seu papel econômico, ou por sua atuação como empresa (em sua maioria privada), governo, universidade, instituto de pesquisa ou outros, neste trabalho optou-se por classificar as organizações de acordo com o papel desempenhado em relação ao conhecimento em um ecossistema. Desta forma confere-se grande flexibilidade ao arcabouço conceitual, permitindo que o mesmo seja adaptado a ecossistemas em diferentes estágios de evolução econômica, com diferentes estruturas de poder, utilizando tecnologias em diferentes estágios do ciclo de vida (nascente, crescente, madura ou em declínio), e com diferentes trajetórias de evolução histórica, econômica e cultural. Permite-se também que as organizações destes ecossistemas mudem de papel com a mudança das condições a sua volta e com a sua própria evolução.

Vários dos trabalhos consultados apontam aspectos comuns a este trabalho, como a menção a papéis que podem ser assumidos por diferentes tipos de atores presentes no ecossistema e a importância do fluxo de conhecimento e os relacionamentos entre os atores. No entanto, estes trabalhos não explicitam que papéis são estes, em especial do ponto de vista do fluxo de conhecimento, que tipo de conhecimento está envolvido e como este fluxo se dá e evolui com o tempo.

Organizações são identificadas como entidades pertencentes ao ecossistema e classificadas quanto ao seu papel de acordo com o seu estoque de conhecimento e suas atividades relacionadas a este conhecimento. Entidades que não possuam qualquer conhecimento útil ao ecossistema, portanto, não serão consideradas parte de um dado ecossistema de inovação a menos que sejam entidades integradoras relacionadas a entidades que possuam conhecimento útil.

Estas entidades podem ser formais ou informais, empresas públicas ou privadas; órgãos governamentais; organizações não governamentais e sem fins lucrativos; universidades; institutos de pesquisa científica ou tecnológica; escolas técnicas; cooperativas; redes e associações setoriais, profissionais, e sociais; comunidades de prática ou de usuários. Apesar de distintas, qualquer uma destas organizações pode assumir quaisquer papéis em qualquer combinação, mesmo papéis que comumente pertencem a organizações de outras esferas. Estes papéis são:

- **Geração de conhecimento:** ocupa-se da criação de novo conhecimento científico no ecossistema. O produto da geração de conhecimento é considerado como descoberta ou invenção.

- **Consumo de conhecimento:** ocupa-se da aplicação de conhecimento em produtos, processos, metodologias, e serviços ligados à atividade fim da organização. É através do consumo de conhecimento por parte das entidades que o conhecimento científico e/ou tecnológico é incorporado a soluções que chegam ao público em escala significativa e a custo acessível e, portanto passa a ser considerado como uma inovação na forma descrita na seção 2.1.1.2.

- **Difusão de conhecimento:** desempenhado por organizações que absorvem, armazenam e processam conhecimento criado por outra entidade e o transmitem a outras organizações sem, contudo, tomar parte relevante na sua criação nem consumi-lo. Ou seja, sem causar grandes avanços no “estado da arte” ou aplicá-lo em soluções disponíveis diretamente ao público. Ao desempenhar este papel, a organização pode classificar o conhecimento; zelar pela sua integridade; validá-lo; disponibilizá-lo para acesso aberto ou exclusivo de algumas organizações qualificadas; recodificá-lo em outras linguagens (línguas, jargão técnico-científico, linguagem coloquial, gráficos ou outro); desmembrá-lo em partes menores ou associá-lo a outros conhecimentos para facilitar a transmissão; criar cursos, software, metodologias ou equipamentos para permitir sua fácil absorção e utilização por outras organizações com menor capacidade de absorção; dentre outras transformações que facilitem a transmissão e a difusão do conhecimento.

- **Integração:** desempenhado por organizações que conectam outras organizações. Criam relações, validam credenciais, servem de repositório da reputação de outras organizações ou como avalistas destas, estabelecem ambientes de confiança, disseminam valores culturais, têm uma noção clara das habilidades e características das organizações a sua volta. Tratam dos elementos de sustentação do ambiente sem precisar gerar, difundir, nem

consumir conhecimento. São bem conectadas com as organizações que desempenham outros papéis e são capazes de visualizar necessidades e oportunidades comuns a estas organizações, gerando visões compartilhadas. Podem assumir papéis de coordenação, regulação, mediação, e até mesmo punição de aproveitadores dos recursos comuns que não contribuam com a sua parte proporcional.

É importante também mencionar um papel desempenhado internamente por entidades que dominam os conhecimentos científico e tecnológico – o **desenvolvimento de conhecimento**. Esta atividade converte conhecimento científico em conhecimento tecnológico, e pode ser feito por consumidores-geradores, geradores-difusores ou difusores puros com ambos os tipos de conhecimento. O baixo desempenho ou a não execução deste papel no ecossistema pode confinar o fluxo de conhecimento a grupos de entidades com conhecimentos afins e impedir a difusão do conhecimento desde sua criação até sua implementação em produtos, processos e/ou serviços inovadores.

A flexibilidade no desempenho dos papéis permite que um tipo de organização muito importante em um dado ecossistema, como uma agência governamental, uma empresa central ou institutos de pesquisa independentes, seja inexistente em outro sem que isto impeça o funcionamento do ecossistema. Isto porque não é o tipo de organização ou seu tamanho que é importante, mas que o mix adequado de papéis seja desempenhado por entidades do ecossistema.

Obviamente, na prática as organizações não desempenham apenas um dos papéis acima descritos de maneira pura. No entanto, o impacto que uma organização causa no ecossistema desempenhando um papel nos permite classificá-la em termos de seu papel predominante. Afinal, as organizações não são reconhecidas como celeiro de invenções, como grandes fabricantes, ou como centros de formação, quando eventualmente fabricam algumas ferramentas em seus laboratórios; treinam funcionários para desempenhar funções ou apresentam parceiros com interesses comuns.

As entidades podem ainda ser individualmente caracterizadas por sua (i) motivação para aprender; (ii) disposição em compartilhar; (iii) nível de conhecimento; (iv) desempenho na geração de conhecimento; (v) desempenho no desenvolvimento de conhecimento; assim como pelas (vi) regras utilizadas para a atualização destes parâmetros a cada interação com outros agentes e com o ambiente.

No entanto, como já mencionado, deve-se entender como a “motivação em aprender” de forma mais ampla, como a probabilidade de a organização se envolver em atividades de

aprendizado, dado o fato de que já não se trata da caracterização de uma única pessoa, mas de uma organização inteira. Este fator, portanto, depende da cultura organizacional da entidade, de sua capacidade de absorção, da curva de aprendizado do conhecimento pretendido, assim como de sua percepção das condições ao seu redor representadas pelos elementos de sustentação do ecossistema, que podem elevar ou diminuir o risco e a recompensa pelo aprendizado. À medida que a entidade interage com outras entidades e responde à demanda do ambiente, sua motivação em aprender pode variar de acordo com a heurística predominante no ecossistema para aquele tipo de entidade. Ao longo do tempo a motivação em aprender pode variar de acordo com o *mindset* da organização, sua forma de valorizar o aprendizado, se prioriza resultados financeiros imediatos, com sua percepção da estabilidade do ambiente de negócios, dentre outros fatores. Diferenças no *mindset* de um ecossistema podem fazer com que os mesmos resultados em uma interação do conhecimento sejam avaliados de forma diferente.

De maneira análoga, pode-se entender a “disposição em compartilhar” como a probabilidade de se absorver conhecimento de uma dada organização, algo que nem sempre ocorre de acordo com a vontade da mesma. Da mesma forma que a motivação em aprender, depende da cultura organizacional, da política da entidade em relação ao seu conhecimento, da complexidade de seu conhecimento e até mesmo de elementos de sustentação do ambiente como as Leis e estruturas de proteção ao capital intelectual. Isto porque neste trabalho considera-se tanto os fluxos de conhecimento voluntários como os involuntários, que ocorrem por mobilidade de profissionais, engenharia reversa e outros. Assim como a motivação em aprender varia com o histórico de interações da entidade, que podem ter sido vantajosas (rendendo royalties de licenciamentos, trocas de patentes, parcerias, reciprocidade, ganho de reputação e outros) ou não (quando envolvem de plágio, quebras de patentes, perda de profissionais para a concorrência, e outros). Cada ecossistema terá sua forma dominante de avaliar a cessão de conhecimentos, e cada tipo de entidade pode avaliar de forma diferente dentro de um mesmo ecossistema. Estar localizada em um ecossistema onde há baixa reciprocidade e estruturas de proteção ao capital intelectual deficientes, de forma que a maioria prefira copiar a licenciar ou mesmo criar, pode levar uma entidade a dificultar o compartilhamento de seu conhecimento a cada vez que esta perceba que isto ocorreu, reforçando a proteção legal de sua propriedade intelectual, o segredo de seus projetos, a complexidade de seus produtos. Por outro lado, há ecossistemas onde os transbordamentos podem ser considerados salutareos, onde o fluxo de profissionais entre as organizações é

encorajado, de maneira que a cada vez que estes ocorram a organização se sinta impelida a investir em GC para facilitar estes fluxos, aumentando a probabilidade de compartilhamento no futuro na expectativa de que haja reciprocidade futura ou externalidades positivas. Passa-se, portanto, a considerar os fluxos que Labiak Jr. (2012) optou ignorar ao aplicar o seu *CKF*.

É interessante ressaltar que as heurísticas utilizadas pelos agentes para modificar sua motivação em aprender e sua disposição em compartilhar nem sempre levam a um comportamento ótimo para a sobrevivência em um ecossistema. As entidades podem estar focadas em ganhos de curto prazo, ou em obter conhecimento de parceiros sem compartilhar o seu próprio, extraindo o máximo de ganho pelo mínimo de contribuição. Ou podem estar excessivamente focadas em aprender em ambientes estáticos, alocando preciosos recursos em investimentos sem retorno. Suas heurísticas, portanto, podem levá-las a comportamentos danosos ao funcionamento do conhecimento no ecossistema, e até mesmo levar entidade à sua extinção. Desta forma, a motivação em aprender e a disposição em compartilhar média em um ecossistema irão variar tanto em função do comportamento e das ações de seus componentes como em função das forças de seleção natural do ecossistema, posto que aquelas entidades exibindo comportamento que diminuam sua aptidão relativa em relação às demandas do ambiente acabarão por ser eliminadas do ecossistema.

O desempenho na geração do conhecimento e o desempenho no desenvolvimento do conhecimento também podem sofrer mudanças com os retornos obtidos pelas entidades ao desempenhar estas atividades, de acordo com a ênfase dada pelas mesmas a cada tipo de retorno e de acordo com as heurísticas utilizadas para reagir aos mesmos.

4.2.2 Relações

Um dado conjunto de organizações só será considerado um ecossistema se existirem relações entre seus membros que suportem fluxos de materiais, serviços, pessoas, capital e conhecimento. Um dado ecossistema, no entanto, só será considerado de inovação se for capaz de gerar ou absorver novo conhecimento de forma sustentada e contínua, e fazê-lo fluir de forma que entidades consumidoras o implementem na forma de inovações.

Estas relações são ligações entre as organizações que podem variar desde a mera noção da existência uma da outra a fortes laços organizacionais. Classificar as relações entre as entidades é um grande desafio, pois estas estão em constante mudança e tomam muitas formas. Podem ser formais ou informais, intencionais (fruto de parcerias, cooperativas, *joint*

ventures, e outros) ou não intencionais (transbordamentos), públicas ou ocultas, dentre outros formatos. Neste trabalho interessam as relações com potencial para gerar fluxo de conhecimento capaz de induzir inovações, e não relações meramente econômicas, estruturais, ou formais, apesar de que a existência destes tipos de relações possa ser uma condição, ainda que não suficiente, para a existência de relações que suportem fluxos de conhecimento. Relações propícias e diferenças de conhecimento entre as entidades geram o potencial para os fluxos, que por sua vez irão atualizar o nível de conhecimento das entidades do ecossistema e modificar suas relações.

Para os fins deste trabalho, as relações são visualizadas como um conjunto de variáveis que caracterizam o vínculo entre uma organização A e uma organização B. São estas:

- O nível de confiança de A em B e de B em A, que pode ser vinculada à reputação ou à aptidão de cada uma das partes, assim como ao histórico de interações entre A e B;
- A distância geográfica entre A e B;
- A distância social entre A e B.

Além das variáveis acima expostas, o potencial para que haja fluxo também será diretamente afetado pela existência de conhecimento comum para permitir a comunicação e o uso do conhecimento transferido, diferenças de conhecimento que possam ser transmitidas, motivação em aprender da parte do receptor, disposição em compartilhar da parte do emissor, um bom histórico entre as duas partes.

O nível de confiança entre as partes é importante para a escolha de parceiros para o início da interação de conhecimento. Uma organização A pode confiar em uma organização B, mas esta confiança pode não ser recíproca. Esta confiança é formada de acordo com a percepção das partes em relação a sua interlocutora e será atualizada pelo seu histórico de interações. No entanto, a forma como esta percepção é formada e a sofisticação da avaliação das interações pode variar de ecossistema para ecossistema, dependendo da sofisticação das entidades, de seus instrumentos gerenciais, da disponibilidade e confiabilidade das informações disponíveis no ambiente, da cultura local, dentre outros.

4.2.3 Conhecimento

O conhecimento de um ecossistema está contido em suas várias entidades, e nos indivíduos que compõem estas entidades. Parte deste conhecimento é comum a todos os elementos de um ecossistema em particular, permitindo a comunicação e conferindo alguma capacidade de absorção a todos. No entanto sempre há espaço para diferenças. O conhecimento deve fluir entre entidades relacionadas para se difundir.

Para os fins deste trabalho entende-se útil categorizar o conhecimento que deve fluir em um ecossistema de inovação como na Figura 12:

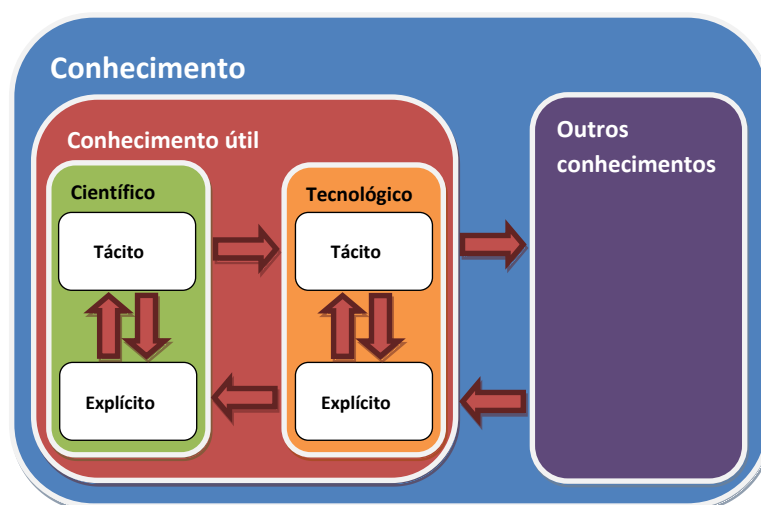


Figura 12 – Tipos de conhecimento
Fonte: o autor

Como já mencionado, a identificação do **conhecimento útil** ao ecossistema seja ele básico ou facilitador permite definir quais entidades fazem parte ou potencialmente podem fazer parte do ecossistema do ponto de vista do fluxo de conhecimento. O fato de que um dado conhecimento que no momento não pode ser considerado útil não venha se tornar útil no futuro, da mesma forma que conhecimentos hoje úteis podem um dia cair em desuso, torna as fronteiras um tanto fluidas. Ainda assim distinção servirá como referência para traçar os limites do ecossistema em análise.

A distinção entre **tácito** e **explícito** determina a influência da distância geográfica nas interações dentro do ecossistema. Em ecossistemas cujo conhecimento útil é dominado por elementos tácitos a distância geográfica possui uma influência que não pode ser ignorada, causando uma penalidade na probabilidade de entidades distantes interagirem entre si. Já em ecossistemas onde o conhecimento é em sua maior parte explícito, havendo elementos de suporte como infraestrutura de transporte e comunicação eficientes, este impacto é consideravelmente menor. De se referir que vários fatores contribuirão para o impacto da

distância sobre os fluxos de conhecimento. A própria GC se dedica a extrair, arquivar e disponibilizar o conhecimento tácito para evitar que este se perca e possibilitar seu amplo uso na organização, muitas vezes independente de interações entre indivíduos, alavancando o valor do conhecimento organizacional e do *know-how* acumulados ao longo do tempo.

Já a distinção entre **conhecimento científico** e **conhecimento tecnológico** necessita maior atenção. O **conhecimento científico**, seja ele básico ou aplicado, necessita de pessoal com qualificação científica e não é imediatamente ou necessariamente comercializável. As entidades que o buscam não estão necessariamente expostas aos sinais do mercado, possivelmente atribuindo baixo grau de importância ao ajuste de seus resultados às demandas deste. Por conta disto seus avanços podem parecer, do ponto de vista da utilidade de mercado, aleatórios. Daí o elevado grau de risco percebido em investimentos em pesquisa básica.

Já o **conhecimento tecnológico** é orientado ao mercado e comercializável, cerne das operações de organizações de design, engenharia e de produção, ou seja, aqueles que introduzem inovações de produto, serviço ou processo. Nesta categoria incluem-se os conhecimentos necessários ao projeto, ao planejamento e à produção de produtos e serviços, assim como os conhecimentos necessários para a organização das atividades necessárias ao seu uso eficaz. Inclui-se, portanto, conhecimentos tecnológicos de natureza gerencial, mercadológica, jurídica, financeira e logística, fazendo com que o conhecimento tecnológico inclua os conhecimentos básico e facilitador. Com já mencionado, a resultante tensão entre a “economia da pesquisa”, orientada à pesquisa básica; e a “economia comercial”, orientada ao mercado, é reconhecida por alguns autores como a origem da discussão de ecossistemas de inovação. Embora separadas, devem agir de sinérgica em um contexto de atividades de inovação para que o ecossistema possa funcionar a contento. As diferenças entre as motivações e comportamentos dos detentores destes tipos de conhecimento demandam que esta distinção seja reconhecida em um modelo de ecossistemas baseado em fluxos de conhecimento e refletido em seus comportamentos e heurísticas de aprendizado.

Portanto, o tipo predominante de conhecimento presente na organização, assim como a forma como a organização o gerencia, afeta o nível de conhecimento disponível para aplicação na missão da organização, o nível de conhecimento disponível para transmissão em fluxos, e sua capacidade de absorção de novos conhecimentos. O conhecimento disponível para uso e transmissão é efetivamente o conhecimento da organização.

4.2.4 Elementos de Sustentação do Ambiente

A região onde se insere o ecossistema possui características tangíveis e intangíveis que a tornam mais ou menos apta a sustentar o estabelecimento do ecossistema.

Dentre as tangíveis estão a infraestrutura de transportes e comunicação. O advento do automóvel e do avião estendeu a área de atuação de muitos profissionais. Boas estradas agem no sentido de diminuir as distâncias geográficas percebidas em um ecossistema. Da mesma forma se há meios de comunicação por voz, dados e imagens de boa qualidade e a baixo custo é mais provável que estes meios sejam utilizados para as interações necessárias ao fluxo de conhecimento. Ferramentas como o *Skype*, o *GitHub*, o *StackOverflow*, o *YouTube* e as plataformas de *Massive Open Online Courses* (MOOCs) hoje disponíveis facilitam o fluxo de conhecimento de maneiras sem precedentes. No entanto, estas ferramentas não impactam da mesma forma todas as indústrias, e isto deve ser levado em consideração. A qualidade desta infraestrutura influi no impacto que a distância geográfica terá sobre a probabilidade de ocorrência de fluxos de conhecimento, em especial quando o conhecimento que flui no ecossistema é predominantemente tácito.

Mais difícil de observar e de quantificar são os elementos de sustentação intangíveis. Estes, no entanto, possuem forte influência sobre as relações e os fluxos de conhecimento, definem os mecanismos pelos quais o ecossistema funciona, assim como a forma como os agentes avaliam suas interações.

Ambos serão discutidos em maior detalhe nas seções a seguir.

4.2.4.1 Visão compartilhada

Elemento de sustentação de grande importância, consiste em uma noção de objetivos comum que pode estar expressa explicitamente ou não. Esta visão nasce de:

- Uma necessidade comum, como o esforço contra uma calamidade ou um esforço de guerra pela segurança nacional;
- Uma oportunidade ou ameaça de negócios comum, onde as organizações percebem que será mais fácil competir para se manter ou entrar no mercado se atuarem em conjunto, aproveitando as forças e capacidades complementares de vários parceiros e até de concorrentes;

- Uma noção de identidade comum, como a que nasce entre profissionais provenientes do mesmo país ou de uma mesma região que compartilham a mesma língua, os mesmos valores e princípios, a mesma religião, a mesma *alma mater*;

- Uma causa nobre comum, como se observa em organizações não governamentais de voluntários e em organizações religiosas.

Esta visão compartilhada faz com que as organizações do ecossistema alinhem seus objetivos, suas estratégias, e percebam a cooperação e a prosperidade de outras organizações do ecossistema como vitais para seu próprio crescimento ou sobrevivência. Fomenta também o desejo de criação de novas relações entre os membros, que criam associações e promovem reuniões. Pode surgir de maneira distribuída, com liderança descentralizada, ou pela ação de uma figura de liderança, como o governo, uma universidade, uma empresa líder, ou outro grande formador de opinião que aja como elemento integrador. O compartilhamento de uma visão, portanto, afeta fortemente a disposição em compartilhar e a motivação para aprender das organizações.

4.2.4.2 *Ambiente de negócios*

O ambiente de negócios é criado por elementos como os meandros do mercado de trabalho local, pela disponibilidade de uma massa crítica de trabalhadores do conhecimento, pelo sistema jurídico e legal (tributária, trabalhista, de proteção à propriedade intelectual, de relações entre organizações), pela disponibilidade de capital, pelas práticas costumeiras de negócios, pela estrutura política, pelos níveis de corrupção das instituições, pelo tamanho do mercado consumidor e seu poder aquisitivo, dentre outros. A infraestrutura, apesar de tangível, pode ser incluída entre os fatores que influem sobre o ambiente de negócios.

As condições criadas por este ambiente facilitam ou dificultam a criação de empresas, a introdução de novos produtos no mercado, a comunicação eficiente, a mobilidade no mercado de trabalho, a apropriabilidade da propriedade intelectual, a punição de aproveitadores, o estabelecimento de parcerias entre universidades, governo e empresas, os custos de transação entre entidades.

Afetam, portanto, o nível de confiança geral, a percepção de risco e por sua vez a disposição em compartilhar, a motivação em aprender, o desempenho na geração e o desempenho no desenvolvimento de conhecimento. Mas não apenas isto, afetam o custo mínimo de se operar no ecossistema, ao custo de se envolver em atividades do conhecimento,

as regras que as entidades utilizam para avaliar as interações com outras entidades do ecossistema, a forma como os recursos do ecossistema são distribuídos entre as entidades (escolhidas por um órgão central ou de acordo com sua aptidão), dentre outros aspectos.

Crises ou guerras podem afetar fortemente o ambiente de negócios de uma região e minar os fluxos de conhecimento, além da própria existência das entidades. Uma infraestrutura deficiente, como estradas ruins, pode diminuir a mobilidade das pessoas em uma região, confinando o conhecimento tácito a um menor raio de influência. Em um ambiente onde há boa proteção à propriedade intelectual, as entidades podem avaliar geralmente bem interações onde compartilham conhecimentos, ao passo que onde não há proteção elas podem avaliar geralmente mal, pois provavelmente este compartilhamento ocorreu de forma não intencional.

4.2.4.3 *Cultura*

Ecossistemas de inovação florescem em locais onde há propensão à experimentação, ao risco, a tolerância a falhas, ao trabalho coletivo, elevado nível de capital social⁶, sentimento de que todos têm direitos mas também deveres para com a sociedade, respeito às leis e aos acordos feitos com parceiros, valorização da educação continuada, tolerância à diversidade de ideias. Da mesma forma que certas regiões possuem culturas que fomentam o pioneirismo e a propensão ao risco, em outras regiões determinadas inovações podem ser culturalmente indesejadas e até proibidas. Culturas podem ser baseadas em princípios coletivos ou individualistas. De reciprocidade ou de oportunismo. Aspectos culturais, portanto, podem afetar o nível de confiança geral, e por sua vez a disposição em compartilhar e a motivação em aprender. Também estão ligados às regras que as entidades utilizam para avaliar as interações com outras entidades do ecossistema.

Como se pode perceber, vários destes elementos de suporte afetam as mesmas variáveis que caracterizam a relação entre as entidades e influem sobre os fluxos de conhecimento, e isolar o efeito de um ou outro elemento nestas variáveis pode se tornar uma tarefa complexa. Os mecanismos em ação no ecossistema, as “regras do jogo”, dependem

⁶ Capital social se refere a características da organização social, como confiança, normas e redes de relacionamento, que melhoram a eficiência da sociedade ao facilitar a ação coordenada (PUTNAM; LEONARDI; NANETTI, 1993).

destes elementos, que exigem grande sensibilidade para serem compreendidos. É perceptível, no entanto, que algumas regiões possuem elementos que, em conjunto, são mais permissivos ao fluxo de conhecimento e à inovação, ao passo que outras possuem elementos de suporte restritivos.

4.2.5 Fluxos de Conhecimento

Todo fluxo consiste em uma troca de informações e conhecimentos. No entanto, este trabalho considerará apenas os fluxos significativos, de tal forma que muitos fluxos podem ser considerados unidirecionais ou mesmo inexistentes ainda que haja alguma troca de conhecimento entre as partes. Para esta classificação uma adaptação do trabalho de Huang, Wei e Chang (2007) e de Labiak Jr. (2012) será útil para filtrar os fluxos pouco relevantes, com baixa probabilidade de resultar em inovações. Devem ser incluídos na análise, no entanto, os fluxos não intencionais de conhecimento, deliberadamente excluídos no trabalho de Labiak Jr. (2012).

A relevância de fluxos de conhecimento dentro de um ecossistema dependerá de um número de fatores como:

- As **características individuais das entidades** que afetam a criação e a intensidade do fluxo. O nível de conhecimento útil dos atores, sua heterogeneidade, sua motivação em aprender e sua disposição em compartilhar são exemplos destes fatores;
- Fatores relativos às **relações existentes**, como a distância geográfica, a distância social, o nível de confiança entre os agentes;
- Fatores relativos aos **elementos de sustentação do ambiente**, que podem ter efeitos positivos ou negativos no fluxo do conhecimento.

Diferentes equações, algoritmos e métodos podem ser utilizados para instanciar o fluxo de conhecimento observando os fatores acima mencionados. A escolha dependerá das informações disponíveis, do perfil do pesquisador e das características do ecossistema em estudo. Como ponto de partida sugere-se uma forma adaptada do modelo de Huang, Wei e Chang (2007) apresentado na seção 2.2.3.2.2 que inclua os efeitos da confiança entre as entidades. Na seção 5.3.3 é apresentado o algoritmo utilizado para a implementação dos fluxos de conhecimento no modelo computacional criado neste trabalho.

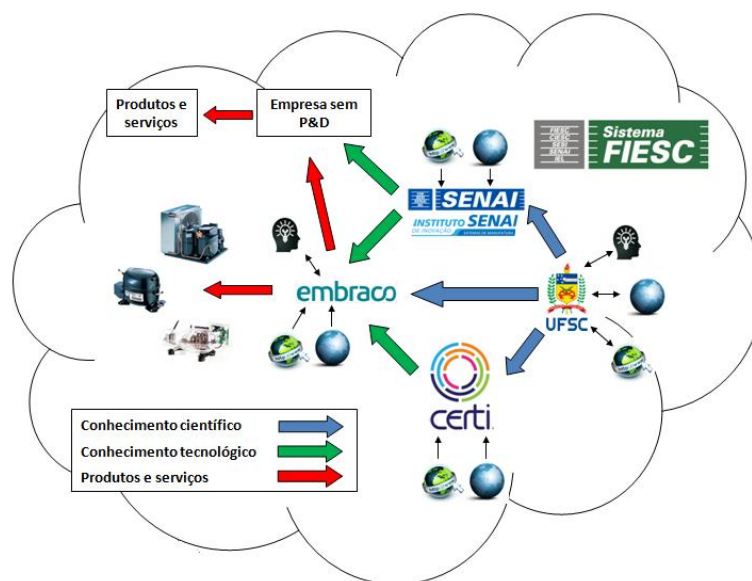


Figura 14 – Exemplo de ecossistema de inovação – ecossistema metal mecânico catarinense
Fonte: o autor

Na Figura 14 tem-se um exemplo simplificado de ecossistema real, instanciado com algumas entidades do ecossistema de inovação metalmeccânico voltado a equipamentos de refrigeração do Estado de Santa Catarina, Brasil. Aqui percebe-se a Universidade Federal de Santa Catarina atuando no ecossistema como E_{GD} ao criar novo conhecimento na área de refrigeração e compressores, e ao formar Engenheiros Mecânicos (bacharéis, mestres e doutores) imbuídos deste novo conhecimento; o Sistema Fiesc atuando como E_I ao associar as empresas do setor, criando a noção de visão compartilhada e uma cultura de inovação; o Instituto Senai de Inovação em sistemas de Manufatura atuando como E_D , ao atuar desenvolvendo processos e produtos para empresas do setor metalmeccânico; a Fundação Certi atuando como E_{DI} ao atuar identificando oportunidades de mercado e unindo parceiros para aproveitá-la, assim como também desenvolvendo estratégias de mercado, produtos e processos de manufatura para a indústria em seus laboratórios; a Embraco atuando como E_{GC} ao atuar gerando novo conhecimento em seus projetos de Pesquisa e Desenvolvimento em parceria com a UFSC, e aplicando este conhecimento a novos produtos comercializados e serviços prestados a outras empresas (E_C) menos sofisticadas que utilizam os produtos da Embraco como componentes de seus produtos.

Após a análise de um conjunto de organizações segundo este modelo conceitual será possível perceber se existe ou não um ecossistema, e se este ecossistema é ou não capaz de inovar continuamente. Seguindo a estrutura proposta pelo modelo, deve-se avaliar se o

ambiente possui entidades com bom nível de conhecimento útil à missão do ecossistema, que tipo de conhecimento existe, se este conhecimento é relativamente heterogêneo, se há entidades capazes de executar um mix de papéis que permita criação, a difusão e a aplicação de conhecimento, se os elementos de sustentação do ambiente fomentam relações propícias e um ambiente saudável para que as entidades possam crescer e interagir e, por fim, se estes elementos em conjunto estão gerando fluxos significativos de conhecimento que levam à inovação continuada.

5 INSTANCIAMENTO DO MODELO

O modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento pode ser usado para guiar análises ou para a criação de modelos computacionais adequados para a simulação de cenários e ecossistemas específicos. Graças à flexibilidade do conceito de ecossistemas é possível analisar grandes organizações, indústrias, ou mesmo regiões utilizando este modelo conceitual.

Como prova conceitual, foi elaborado um modelo computacional baseado em agentes para averiguar cenários úteis aos objetivos desta tese. A ferramenta utilizada para a criação do modelo, o modelo em si, suas características e os cenários avaliados serão apresentados a seguir.

5.1 *Framework Tecnológico*

MBAs podem ser desenvolvidos utilizando linguagens de programação orientadas a objetos de uso geral, como *Java*, *C++*, *C#*, *Python* e *Ruby*, assim como utilizando software e pacotes voltados especificamente à modelagem de MBAs (WEIMER; MILLER; HILL, 2016). Ferramentas especializadas provêm facilidades para a criação dos modelos, posto que a maior parte das estruturas comuns a MBAs já foram implementadas em métodos e comandos específicos, tornando a modelagem mais acessível. Em muitas delas é possível também criar modelos híbridos, que usam tanto a MBA quanto modelos matemáticos. Dentre as ferramentas mais utilizadas podemos citar o *Repast*, o *Jade*, o *Simio*, o *NetLogo*, e o *AnyLogic* (MACAL; NORTH, 2014; WEIMER; MILLER; HILL, 2016). Modelos criados a partir de linguagens de programação de uso geral são potencialmente mais rápidos e flexíveis, mas exigem um considerável esforço e tempo para sua criação, motivo pelo qual muitos preferem trabalhar em um ambiente com métodos pré-construídos.

5.1.1 NetLogo

Neste trabalho optou-se por utilizar o *NetLogo 6.0.2* (WILENSKY, 1999), em sua versão mais recente lançada em 2017, para a construção do modelo computacional. Trata-se de uma plataforma de programação de código aberto, gratuita e amplamente utilizada por pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, dedicada à criação de MBAs para a simulação de fenômenos sociais e naturais (TISUE; WILENSKY, 2004). Criada para ser uma linguagem poderosa, mas de fácil aprendizado, possui uma biblioteca interna com modelos de várias disciplinas já implementados, tutoriais on-line, fóruns de discussão, além de uma ampla comunidade de usuários. O objetivo era torná-la acessível a estudantes e pesquisadores, mesmo que estes não fossem programadores profissionais (TISUE; WILENSKY, 2004).

O *NetLogo* é capaz de ler e escrever em qualquer tipo de arquivo de texto, além de ser capaz de exportar e importar dados em formatos padrão como o *.csv* (arquivo de texto separado por vírgulas). Permite gerar modelos híbridos, baseados tanto em agentes como em equações matemáticas; e utilizar dados de plataformas *GIS* (*Geographic Information Systems*) através do uso de *toolkits* apropriados. É compatível em sua versão “*desktop*” com sistemas operacionais Windows, Linux e Mac OS, além de possuir um *website* de onde é possível rodar modelos simples a partir de celulares, *tablets* e computadores (WILENSKY; RAND, 2015).

Um modelo multiagentes é criado do ponto de vista dos agentes e de suas interações, mas há semelhanças com a programação orientada a objetos e, claro, com a modelagem computacional baseada em eventos discretos (MACAL; NORTH, 2014; WEIMER; MILLER; HILL, 2016; WILENSKY; RAND, 2015). No *NetLogo* os agentes móveis são chamados de *turtles*. Os fixos, que compõem o espaço no ambiente são chamados de *patches*. *Turtles* podem ainda ser conectadas por *links*. Cada uma destas entidades possui suas próprias variáveis como identidade única, posição, cor, tamanho e forma. No caso das *turtles* e *links*, há ainda sua orientação. As *turtles* podem ainda ser diferenciadas em espécies, as *breeds*. É possível, então criar variáveis que são exclusivas dos *patches*, das *turtles* e até mesmo de uma *breed* específica. Pode-se, também, criar variáveis globais acessíveis pelos agentes e pelas funções do modelo.

Modelos em *NetLogo* são programados em forma de funções ou *procedures*. Algumas são comuns à maioria dos modelos, como a função *Setup*, responsável por limpar o ambiente de simulação dos dados de simulações anteriores, inicializar o ambiente de simulação, criar os agentes e atribuir seus parâmetros. Para tanto pode chamar outras funções. Outra função comum a muitos modelos é a função *Go*, responsável por chamar funções e agentes a cada

iteração. A função *Go* é a espinha dorsal de muitos modelos, posto que dá a sequência na qual as ações são executadas, itera o relógio de simulação. Pode ser criada de maneira a rodar uma iteração de cada vez ou de permanecer iterando até que o usuário pare o modelo ou que um gatilho de parada seja disparado. O código é escrito em uma janela da ferramenta que auxilia o programador, exibindo em cores diferenciadas as funções, comandos e variáveis que o programador insere corretamente. A ferramenta também analisa o código, detectando erros e destacando-os no código. Seus comandos primitivos são intuitivos, com rótulos semelhantes aos utilizados na língua inglesa. Se o programador também criar rótulos intuitivos para suas funções o código se torna fácil de ler mesmo por leigos com alguma noção de algoritmos e lógica, como um pseudocódigo.

O *NetLogo* facilita também a organização de sua interface gráfica, com uma janela específica para sua criação e utilização. Botões, gráficos, *sliders* e outros elementos de entrada e saída são facilmente implementados e posicionados na interface gráfica. Elementos de interface gráfica podem criar variáveis globais que serão utilizadas pelo programa assim como podem modificar e monitorar variáveis já existentes. Há também uma janela para a inserção de informações a respeito do modelo, como sua descrição, instruções de uso, autoria e sugestões de uso extensão.

O ambiente onde a simulação ocorre pode ser preparado para emular um espaço físico limitado ou toroidal. Um espaço físico infinito também pode ser criado através de artifícios no código dos agentes, embora sua representação gráfica possa ficar limitada. A subdivisão do espaço pode tomar a forma de uma grade quadrada ou hexagonal. É possível também criar espaços baseados em redes.

O *NetLogo* possui protocolos definidos de interação entre agentes, e entre os agentes e o ambiente. Comandos e funções podem ser executados do ponto de vista dos agentes (*turtles*, *patches* e *links*) ou do ponto de vista do observador, que é o ponto de vista de supervisão do modelo do qual funções como a *Go* e a *Setup* são executadas. Determinados comandos e funções podem ser executados apenas do ponto de vista de um determinado tipo de agente ou do ponto de vista do observador. Isto evita erros de perspectiva dentro do modelo. Há também a noção de nascimento, parentesco e mortalidade para a criação e a eliminação dos agentes, de maneira que parâmetros podem ser “herdados” e passados de geração a geração de agentes. Esta característica facilita a implementação de modelos sociais e biológicos, mas também pode ser útil em outros tipos de modelos.

Modelos em *NetLogo* utilizam geradores de números aleatórios para um grande número de funções, pois frequentemente o comportamento de agentes é melhor representado como um processo aleatório (WILENSKY; RAND, 2015). Estes geradores criam uma sequência de números ou símbolos aparentemente sem qualquer padrão que são na verdade pseudoaleatórias, pois os números são gerados deterministicamente. No *NetLogo* o gerador de números aleatórios utiliza uma “semente”, um número inteiro obtido a partir do relógio da máquina. Desta forma, toda vez que se executa um modelo uma nova semente é utilizada e as respostas do mesmo modelo podem ser diferentes para os mesmos parâmetros. O uso de números pseudoaleatórios é bastante útil em experimentos científicos porque utilizando a mesma semente um experimento pode ser repetido, obtendo-se os mesmos resultados iteração por iteração, operação por operação, pois o gerador de números aleatórios criará a mesma sequência (WILENSKY; RAND, 2015). Isto é interessante quando se encontra um fenômeno emergente de interesse que se quer repetir, ou para se testar diferentes parâmetros sob as exatas mesmas condições.

Dentre as ferramentas já inclusas no pacote estão o *3D NetLogo*, que permite a visualização dos modelos em três dimensões; o *Behaviorspace*, que permite a criação e replicação de experimentos que podem ser repetidos diversas vezes, seja com a mesma semente e parâmetros diferentes ou com diferentes sementes e os mesmos parâmetros; e o *HubNet* que permite que um computador servidor atue como *host* para possibilitar a participação de usuários em rede como agentes na simulação de um modelo (WILENSKY; RAND, 2015).

Uma das grandes vantagens dos modelos em *NetLogo* é a sua facilidade de extensão. Novas regras de comportamento dos agentes, funções e outros podem facilmente ser incluídos para adaptar o modelo a um novo cenário ou hipótese. O esforço de adaptação é baixo e muitos modelos da biblioteca, em sua janela de informações, literalmente convidam o usuário a dar o seu toque e a explorar as possibilidades não antecipadas do modelo. Este texto não exaure todas as capacidades da ferramenta, que consegue ser sofisticada ao mesmo tempo em que mantém sua simplicidade de uso. Dada esta flexibilidade o *NetLogo* se mostrou a ferramenta ideal para a implementação do modelo computacional proposto nesta tese. Trata-se, portanto, de uma ferramenta madura, amplamente testada, confiável e com recursos mais que suficientes para o desenvolvimento deste trabalho.

5.2 Premissas do Modelo Computacional

Relembrando a estrutura de modelagem citada na seção 3.2, optou-se pela abordagem de modelagem baseada em fenômenos, utilizando como referência as descrições encontradas na literatura consultada e as observações realizadas empiricamente pelo autor ao longo de sua carreira.

O grau de especificidade da pergunta que norteia a criação do modelo é elevado, posto que o modelo foi especificamente criado para responder às perguntas de pesquisa desta tese.

O procedimento metodológico de modelagem utilizado foi predominantemente *top-down*, dado o fato de que o modelo conceitual surgiu e amadureceu antes da implementação, fruto das pesquisas realizadas no corpo de conhecimento das várias disciplinas abordadas nesta tese, ainda que o aprendizado obtido durante o processo de implementação tenha levado a alguns refinamentos no conceito, e a implementação de mecanismos adicionais ao modelo, fato típico do método *bottom-up*.

No que tange à granularidade, os agentes modelados representam organizações inteiras, e não seus funcionários e dirigentes. Suas ações, portanto, são o agregado das ações, decisões e aprendizado tomadas por todos os seus integrantes. Os agentes são caracterizados por parâmetros e variáveis que determinam seu estado interno e seu comportamento, que pode variar de acordo com seu papel no ecossistema.

Quanto aos seus parâmetros e variáveis, os agentes são caracterizados por:

- motivação em aprender (exceto integradores), disposição em compartilhar (exceto integradores), recursos acumulados, aptidão geral (exceto integradores), desempenho criativo (geradores), desempenho no desenvolvimento (todos os agentes que possuem conhecimento científico e conhecimento tecnológico), capacidade de integração (integradores), conhecimento tecnológico e sua aptidão (consumidores e difusores), conhecimento científico e sua aptidão (geradores e difusores).

Seu comportamento também é dependente dos papéis assumidos. São estes:

- Interagir: trata-se da atividade em que um emissor compartilha seu conhecimento com um receptor. Quando executada entre entidades com conhecimento científico pode levar a mutações no conhecimento (novo conhecimento). Todos a executam, exceto os integradores;

- Criar conhecimento: atividade onde novo conhecimento científico é gerado, sendo executada apenas pelos geradores;

- Desenvolver conhecimento: atividade em que conhecimento científico é convertido em conhecimento tecnológico. Apenas aqueles que possuem ambos os tipos de conhecimento,

como os geradores-consumidores, geradores-difusores, e os difusores que possuem ambos os tipos de conhecimento;

- Integrar: atividade em que uma entidade seleciona duas entidades para interagir com parâmetros de motivação em aprender e disposição em compartilhar realçados. Executada apenas pelos integradores;

- Regras de aprendizado: podem ser implementadas para todos os que executam ações do conhecimento. Neste modelo são implementadas regras de aprendizado para a motivação em aprender, que podem avaliar o aprendizado ou o ganho de aptidão obtido pelo receptor após a interação com um emissor.

Os parâmetros do ambiente são:

- Representação da demanda, recursos disponíveis (tamanho do mercado), o mínimo de recursos despendidos pelos agentes a cada iteração para permanecer vivos (custo de vida), o crescimento deste dispêndio com o tamanho da organização, custo de atividades do conhecimento (interação, desenvolvimento e geração), além de mecanismos para a criação de novas organizações, seleção das pouco aptas, introdução de organizações perfeitamente aptas, exclusão de certos tipos de entidades da seleção natural, mutação da demanda do mercado, número de agentes de cada tipo.

As saídas do modelo serão dadas na forma de uma animação gráfica que dá uma noção da quantidade de recursos acumulados pelas entidades, de sua aptidão em relação à demanda do mercado, das relações entre elas, do tipo e intensidade do fluxo de conhecimento que está ocorrendo. Há também gráficos dos vários parâmetros do modelo e seus agentes, que serão explicitados nas seções seguintes.

A ordem em que as ações ocorrem no modelo está explicitada na função “Go” do mesmo, que será apresentada nos Apêndices, seção 8.1.

Na seção 3.2 sugeriu-se oito dimensões a considerar quando se modela sistemas sociais. Estas são apresentadas aqui, para clarificar as premissas utilizadas no modelo computacional:

- 1) Visão: os agentes são capazes de perceber a participação no mercado (através da aptidão) e a quantidade de recursos acumulados pelos outros agentes, assim como sua própria participação (através de sua aptidão). São capazes de perceber se o resultado de suas interações com outros agentes foi bom ou ruim através da variação de sua própria aptidão, mas não são capazes de saber exatamente qual é a demanda do mercado;

- 2) **Intenção:** os agentes visam prosperar e sobreviver no ecossistema. Para tanto eles podem se engajar em atividades do conhecimento ou não, dependendo de sua visão de que atitude melhoraria sua aptidão no ambiente;
- 3) **Fala:** os agentes do tipo entidade podem convidar outros agentes a interagir, podem recusar convites e podem transmitir e receber conhecimento de seus parceiros;
- 4) **Ação:** um agente do tipo entidade pode escolher executar uma ação ou não de acordo com seus parâmetros comportamentais, que darão a probabilidade de um agente se engajar ou não em uma ação do conhecimento. As ações possíveis para as entidades são: convidar para interagir (para a troca conhecimento), recusar convite, trocar conhecimento, gerar conhecimento, desenvolver conhecimento, integrar agentes, morrer. O ambiente, implementado como um agente do tipo mercado, pode mudar sua demanda;
- 5) **Sobrevivência:** os agentes do tipo entidade precisam obter recursos do ambiente para cobrir seus gastos de recursos a cada iteração. Estes recursos devem ser distribuídos de acordo com a aptidão relativa do agente, ainda que alguns agentes possam receber recursos independentemente de sua aptidão (agentes não expostos ao mercado). Os mecanismos e condições pelos quais isto ocorre dependerão do ecossistema em estudo;
- 6) **Esforço:** os agentes do tipo entidade podem decidir não interagir com parceiros de menor aptidão do conhecimento, e podem utilizar sua percepção dos resultados de uma ação para atualizar sua inclinação a realizá-la novamente. Com isto podem evitar desperdiçar recursos com aprendizado que não lhes trará maior aptidão ou aprendizado, ou se distanciar de uma resposta ótima à demanda do ambiente pela adoção de inovações antes que o mercado as deseje. Estas heurísticas dependerão do ecossistema a ser estudado e do tipo de agente em questão, e não necessariamente levam a um comportamento ótimo;
- 7) **Consciência:** neste modelo são utilizados níveis elementares de cognição, basicamente o atendimento de condições e o “rolar de dados” utilizando os parâmetros individuais como referência;
- 8) **Concentração:** o foco do modelo são as ações do conhecimento e o impacto que estas possuem sobre a aptidão dos agentes e sobre seus parâmetros de comportamento.

Observou-se também o “princípio de projeto da MBA”, partindo-se de um modelo simples para um mais complexo evitando-se inserir mais elementos do que o necessário.

Durante o processo de modelagem surgiram questões interessantes que não foram abordadas nos experimentos aqui apresentados, no entanto a capacidade de alterar parâmetros e mecanismos que permitam a exploração destas questões foram implementadas por curiosidade do autor, para a avaliação da coerência do modelo e para a sugestão de trabalhos futuros.

5.3 Modelo Computacional de Ecossistemas de Inovação

Para o instanciamento do modelo conceitual sugerido em um modelo computacional, mecanismos específicos do ecossistema em estudo devem ser implementados juntamente com os mecanismos mais genéricos referentes ao modelo conceitual. Fenômenos de interesse específicos dentro do ecossistema também podem exigir que novas regras sejam integradas ao modelo. MBAs, no entanto, são flexíveis, e permitem a adição ou remoção de regras de acordo com a necessidade, assim como a intervenção do usuário durante a simulação.

Modela-se aqui um ecossistema de mercado onde todas as entidades participantes da simulação são detentoras de conhecimento útil tecnológico ou científico. A única exceção são os integradores. Um modelo criado a partir de um ecossistema real veria situação semelhante, posto que entidades não integradoras sem conhecimento útil não seriam consideradas como parte potencial do ecossistema de acordo com o modelo conceitual. Assumem o papel de consumidores de conhecimento tecnológico aqueles que atuam no mercado vendendo produtos ou serviços. Atuam como geradores aqueles que geram novo conhecimento científico útil. Difusores podem possuir conhecimento científico e/ou tecnológico e, a menos que sejam também consumidores e/ou geradores, não geram nem aplicam conhecimento a produtos ou serviços, apenas o absorvem e o passam adiante. Entidades com ambos os tipos de conhecimento convertem conhecimento científico em conhecimento tecnológico. Integradores tem o papel de conectar entidades, elevando o nível de confiança existente na relação, desta forma aumentando a probabilidade de que estas interajam.

Considera-se que neste ecossistema o conhecimento flua de maneira insensível à distância, ou seja, esteja em grande parte disponível na forma explícita, que o ambiente possua boa infraestrutura de comunicação e transporte, e que as entidades façam amplo uso de ferramentas de comunicação por vídeo, fóruns e outros. Desta maneira, pode-se ignorar os efeitos das distâncias entre as entidades na implementação, considerando o ambiente como uma “cabeça de alfinete”. Concentra-se, portanto, a análise nos efeitos que os parâmetros dos

indivíduos, o mix de papéis do conhecimento, a estabilidade do ambiente e a heterogeneidade do conhecimento existente possuem sobre o nível de fluxo de conhecimento do ecossistema. Contudo, para ecossistemas espalhados com conhecimento tácito, em especial aqueles onde a força de trabalho não possui elevado nível de qualificação, um ambiente que considera a distância pode ser mais adequado. Nestes casos a distância física ou a distância social entre as entidades irá diminuir a probabilidade de duas entidades se engajarem em trocas de conhecimento.

Em um ecossistema real a disposição de cada indivíduo quanto à necessidade de aprender novos conhecimentos varia, assim como os outros parâmetros que determinam o seu comportamento. Neste modelo computacional isto é emulado pela criação de indivíduos cujos parâmetros são gerados de maneira aleatória, formando uma distribuição normal com média e desvio padrão fornecidos pelo usuário.

De posse destas informações já se pode criar muitos dos mecanismos que regerão o modelo computacional do ecossistema. Estes mecanismos serão descritos nas seções a seguir.

5.3.1 Representação do Conhecimento

Mimetizando mecanismos biológicos para a representação das soluções que tornam uma entidade apta a existir no ambiente, o conhecimento pode ser expresso como uma “cadeia de DNA” onde cada alelo representa um determinado conhecimento. Fiel à classificação de conhecimento usada nesta tese, a cadeia é dividida em duas zonas: uma representando o conhecimento tecnológico e outra representando o conhecimento científico, abarcando todos os conhecimentos úteis ao ecossistema. Em um modelo computacional, isto pode ser visto como cadeias de bits, a qual representa todo o conhecimento utilizado em uma organização.

O ambiente também é caracterizado por uma cadeia de bits de conhecimento que representa a demanda, o padrão contra o qual o conhecimento das entidades será medido para determinar sua aptidão. Esta cadeia caracteriza o mix de soluções tecnológicas, assim como a forma de se organizar os esforços da organização que serão bem sucedidos em cada ecossistema, posto que uma organização bem sucedida depende de um conjunto viável de produto, processo, organização dos esforços, marketing e modelo de negócios.

Na presente simulação não é o objetivo determinar qual conhecimento específico teria mais ou menos chance de se difundir, pois isto exigiria o mapeamento exaustivo do conhecimento existente em um dado ecossistema e sua precisa valoração do ponto de vista do

ambiente e do ponto de vista das entidades. Isto envolveria uma noção profunda da maturidade de cada tecnologia e de sua viabilidade em cada ecossistema, fugindo ao escopo deste trabalho. Não obstante, se definir quais tecnologias serão vencedoras fosse uma tarefa simples, organizações reais não cometeriam equívocos e evitariam os grandes fracassos em esforços inovativos corporativos e governamentais de que se tem notícia. Mas sabe-se que estas irão surgir, e se não encontrarem barreiras irão se difundir. Avalia-se aqui, portanto, a tendência que um fragmento de conhecimento indistinto teria de se difundir dadas as características dos indivíduos e do ambiente, assim como a evolução do comportamento dos indivíduos. Desta forma, nesta implementação a demanda do ambiente e as soluções dos indivíduos assumirão a forma de zeros e uns, todos com igual chance se propagar se houver disposição para isto.

5.3.2 Mecanismos de Seleção

Na natureza a própria existência demanda recursos e tempo, assim como a reprodução e a evolução. Em um mercado estes são recursos financeiros (ou financeiramente mensuráveis), utilizados para pagar salários, comprar máquinas e equipamentos, manter a infraestrutura funcionando, e em investimentos em pesquisa e desenvolvimento. De forma análoga, neste modelo a cada iteração as entidades devem entregar partes de seus recursos para se manter vivas. A quantidade a ser entregue possui uma parte fixa e uma parte variável, dependente do tamanho da organização, dado o fato de que grandes corporações possuem gastos maiores do que pequenas *startups*. A proporção com que estes gastos crescem de acordo com o crescimento da entidade é também uma medida de eficiência das entidades no ecossistema. Se a entidade não possuir recursos suficientes para arcar com os seus custos ela deixará de existir.

Estes recursos são provenientes do ambiente, e são distribuídos às entidades consumidoras a cada iteração de acordo com a sua aptidão relativa. Esta aptidão é calculada pela relação entre a aptidão isolada da entidade e a soma da aptidão de todas as entidades do ecossistema expostas ao mercado. A aptidão isolada, por sua vez, é obtida pela comparação entre a cadeia de bits de conhecimento da entidade e a cadeia de demanda do ambiente através da distância de Hamming (MITCHELL, 1996).

Os recursos do ambiente são limitados pelo tamanho do mercado e, portanto um mercado pequeno em relação ao custo de se manter vivo pode sustentar poucas entidades

indefinidamente, ao passo que um mercado grande pode sustentar várias, mesmo que relativamente menos aptos, de maneira análoga aos mercados reais que sustentam nichos. Desta forma, as entidades expostas ao mercado competem entre si de maneira que os mais aptos possuem mais chances de sobreviver no ambiente. Se houver uma entidade consumidora muito mais apta que seus pares ela leva uma grande fatia dos recursos tornando a sobrevivência das menos aptas difícil. Além disso, o acúmulo de recursos proporciona à entidade mais tempo de permanência no ambiente caso uma mudança na demanda do mercado ou na aptidão das outras entidades reduza sua aptidão relativa. Entidades não consumidoras poderão obter seus recursos a partir do seu nível de atividade, ou seja, proporcional ao número de vezes que geram, desenvolvem ou compartilham conhecimento.

Foi ainda implementado no modelo um mecanismo que permite ao usuário fazer com que apenas os consumidores (puros ou que assumem também outros papéis) estejam expostos ao mercado desta forma. Se este mecanismo for utilizado, as entidades não consumidoras poderão existir indefinidamente independentes de sua aptidão relativa e de seu nível de atividades. Com isto pode-se emular entidades geradoras, difusoras e integradoras que recebem seus recursos de outras fontes como governos ou fundações, capazes de sobreviver indefinidamente, como é o caso em muitos ecossistemas. Simula-se, desta forma, o isolamento entre a “economia de pesquisa” e a “economia de mercado”.

5.3.3 Fluxos e Geração de Conhecimento

Utiliza-se para a implementação destes mecanismos um algoritmo genético adaptado dos encontrados em Deb (1999), Engler e Kusiak (2011) e Mitchell (1996), com algumas alterações para se adequar à realidade de um ecossistema de inovação. O objetivo não é utilizar o algoritmo mais eficiente possível na busca da solução ótima, mas um que mimetize o fluxo de conhecimento entre entidades através de mecanismos de cruzamento, que selecionam porções aleatórias de bits do receptor e os substituem pelos bits correspondentes do emissor (Figura 15).

O cruzamento é realizado a partir da escolha aleatória de um bit da cadeia do emissor. A cadeia do emissor então será dividida em duas a partir deste bit, e estas parcelas substituirão a parcela correspondente em cópias da cadeia do receptor. Gera-se, portanto, duas soluções. No algoritmo utilizado, os “genitores” não são destruídos após a troca de conhecimento para dar lugar à nova geração após o cruzamento. A parte emissora permanece inalterada na

população, ao passo que a receptora é substituída por um dos resultados do cruzamento, escolhido de forma aleatória.

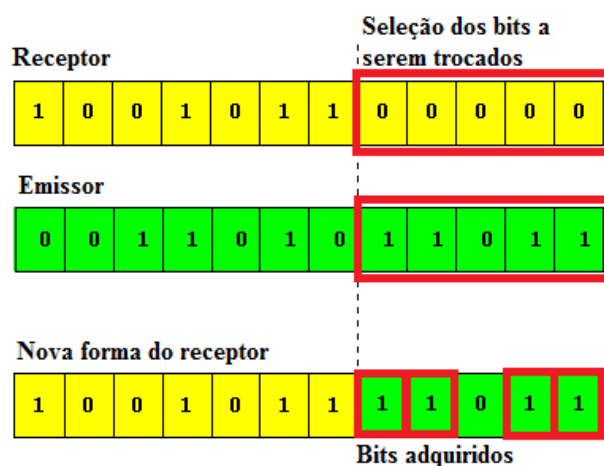


Figura 15 – Exemplo de cruzamento entre entidades
Fonte: o autor

Se as cadeias de bits tiverem diferenças consideráveis, haverá uma chance maior de que os bits escolhidos sejam diferentes entre o emissor e o receptor e ocorra, portanto, transferência de conhecimento.

A cada iteração todas as entidades detentoras de conhecimento serão chamadas a decidir se irão ou não interagir, ou iniciar uma operação de cruzamento. A chance de um receptor iniciar o processo depende de sua motivação para aprender e, se for o caso, se a entidade possui recursos disponíveis para investir na interação. Um parceiro para o cruzamento será então escolhido aleatoriamente pelo receptor em uma loteria onde possuem mais chances as entidades com maior aptidão relativa, mais recursos acumulados em relação aos concorrentes, e bom histórico de interações passadas com o receptor. Isto porque entidades com vastos recursos ou com elevada aptidão relativa (denotando habilidades desejáveis) usualmente gozam de boa reputação, atraindo parceiros interessados em aprender com elas. Entidades com poucos recursos e baixa aptidão, pela mesma lógica, não tem tantas chances de atrair parceiros. Este também é um mecanismo de seleção natural, uma das forças motoras de um ecossistema, e também uma forma de implementar uma medida da confiança que as entidades depositam entre si, posto que entidades com mais recursos podem suportar estruturas gerenciais mais complexas e ter maior capacidade de ser bem sucedidas em projetos e parcerias. Modelos computacionais que incluam a noção de distância geográfica (e/ou relacional) podem ainda ajustar estas chances de seleção com penalidades proporcionais à

distância, reduzindo a probabilidade de seleção de entidades distantes. Com isto uma entidade só teria boas chances de interagir com uma entidade distante se esta tiver níveis de aptidão ou recursos acumulados muito superiores aos das entidades mais próximas.

Apenas entidades com o mesmo tipo de conhecimento que o receptor possui (científico ou tecnológico) participam da loteria. Após o sorteio, o receptor confirma se o potencial emissor possui aptidão igual ou maior que a sua e o convida a compartilhar seu conhecimento. O emissor irá, então, decidir se interage ou não dependendo de sua disposição em compartilhar e de seu histórico de interações com o receptor. Após o cruzamento, o receptor e o emissor lembrar-se-ão de ter interagido entre si, modificando a chance de interação entre entidades que já se conhecem.

O efeito da ação de entidades integradoras também age sobre a possibilidade de haver um cruzamento, aumentando a motivação em aprender do receptor e a disposição em compartilhar do emissor, elevando a chance de que duas entidades integradas interajam. Para tanto o integrador sorteia um receptor, dando chances iguais a todos. O receptor, por sua vez, sorteia o emissor seguindo as regras de loteria com mais chances para os mais aptos.

Os efeitos dos elementos de sustentação do ambiente podem funcionar de maneira análoga, afetando positivamente ou negativamente a disposição em compartilhar e a motivação em aprender no momento em que estes forem utilizados para iniciar as ações dos agentes.

Conhecimento novo, por sua vez, é criado por mecanismos de mutação executados pelos geradores. Estes variam a cadeia de uma entidade mutante trocando o valor de cada bit de acordo com o valor de uma taxa de mutação escolhida pelo usuário. Pode-se, também, “gerar” conhecimento novo para o ecossistema pela absorção de conhecimento por cruzamento com elementos externos ao mesmo, que podem ser introduzidos pelo usuário durante a simulação na forma de entidades de diferentes tipos com elevado grau de aptidão. Novo conhecimento também pode ser criado no cruzamento entre entidades que possuem conhecimento científico, algo natural no meio da pesquisa onde se encoraja quem aprende a realizar também uma contribuição inédita. O mecanismo de cruzamento entre entidades com conhecimento tecnológico, no entanto, não inclui mutação, posto que neste meio se encoraja a reprodução exata de normas técnicas, protocolos e métodos de projeto. Se não fosse desta forma, não seria possível notar na simulação o impacto da ciência e do desenvolvimento, pois o conhecimento tecnológico surgiria naturalmente.

Apesar de não se tratar de fluxo de conhecimento ou criação de novo conhecimento, o mecanismo que gera novos entrantes, ou *startups*, também faz uso dos mecanismos de cruzamento e mutação, que desta vez usa a informação de duas entidades sorteadas para gerar novas entidades ao invés de modificar as já existentes. Isto reflete o fato de que novas organizações frequentemente se inspiram em organizações existentes bem sucedidas e utilizam pessoas que já possuem experiência de mercado, ao mesmo tempo em que tentam introduzir algum diferencial em relação às organizações que lhes serviram de inspiração. Caso não haja duas entidades no ambiente com conhecimento compatível para o cruzamento, uma nova cadeia de bits é gerada aleatoriamente para a *startup* tal como as geradas ao se criar a população inicial.

5.3.4 Entradas e Saídas do Modelo

As entradas são usualmente fornecidas à interface gráfica do modelo, de modo que este então gerará aleatoriamente um ambiente povoado pela quantidade e tipo de agentes determinados pelo usuário, cujos parâmetros refletem os valores médios e a dispersão fornecidos pelo usuário. Alternativamente, as entradas podem ser fornecidas ao modelo na forma de um arquivo contendo os parâmetros do modelo e as entidades a serem geradas.

As saídas consistem na representação gráfica das entidades, que refletirá a o nível de recursos acumulados dos agentes através de seu tamanho, a aptidão dos agentes através de sua cor, o seu papel em relação ao conhecimento através de seu formato, e quem está compartilhando conhecimento naquela iteração através de links de cor e espessura que variam de acordo com o tipo de conhecimento e a quantidade de bits compartilhados; e em gráficos e monitores que exibem a evolução média dos parâmetros que determinam o comportamento dos agentes e registram suas interações, assim como a evolução da aptidão média no ecossistema. Estas representações visuais são atualizadas a cada iteração, dando ao observador uma noção da evolução do ecossistema. Flexível, o *NetLogo* permite que rapidamente se adicione novos gráficos ou monitores. É possível também utilizar o *Command Center* para gerar consultas e dar comandos ao modelo, seja do ponto de vista do Observador, das *turtles*, dos *patches*, ou dos *links*.

Dentre as saídas implementadas para que se possa observar a evolução do modelo, estão:

- Curvas da aptidão média das entidades em geral; da aptidão científica média das entidades geradoras; da aptidão tecnológica média das entidades consumidoras; da motivação para aprender média das entidades com conhecimento tecnológico; da motivação para aprender média das entidades com conhecimento científico; da disposição de compartilhar média; da média dos recursos das entidades; número de entidades que iniciaram desenvolvimento; número de geradores que tentaram gerar conhecimento; número de geradores que tentaram cruzamento; número de entidades que compartilharam conhecimento; número de integradores que tentaram integrar entidades; população do ambiente;
- Histograma a aptidão e dos recursos dos agentes;
- Monitores com o valor instantâneo de diversos parâmetros do modelo.

Quando se usa o *Behaviorspace*, além das entradas e saídas aqui mencionadas é possível entrar com os parâmetros que serão utilizados no experimento com múltiplas simulações, como o número de iterações máxima da simulação, gatilhos de parada de simulação, o número de vezes que a simulação será repetida, e a descrição de *reporters*, ou indicadores que serão registrados a cada iteração. Estes dados, juntamente com todos os parâmetros da simulação, serão então registrados em um arquivo *.csv* em forma de planilha ou de tabela, para posterior utilização em outras ferramentas para a geração de gráficos e análises.

Com isto pode-se avaliar a evolução do *mindset* dos agentes, de sua adaptação ao ambiente, da absorção de novo conhecimento e o impacto disto no seu comportamento interativo. Estas saídas podem, então, serem gravadas em um arquivo para posterior análise e comparação com simulações com parâmetros diferentes. A atual interface gráfica do modelo computacional é apresentada na Figura 16.

O modelo foi implementado com vários mecanismos estocásticos e, portanto, é possível que diversas execuções obtenham resultados semelhantes assim como é possível que ocorram resultados bem diferentes. Ainda que acompanhar uma simulação seja sempre uma experiência ilustrativa, recomenda-se executá-lo diversas vezes com os mesmos parâmetros e diferentes sementes para os números aleatórios para melhorar a confiabilidade dos resultados. Caso uma semente em particular exiba um comportamento de interesse, é possível reutilizá-la para observar a mudança do comportamento do modelo com a mudança dos parâmetros. Para tanto foi implementada no modelo uma interface que permite que se saiba qual é a semente sendo utilizada a cada execução, dando também ao usuário a escolha entre deixar o *NetLogo*

gerar automaticamente uma nova semente a cada *Setup*, reutilizar a semente da última execução, ou definir manualmente a semente a ser utilizada.

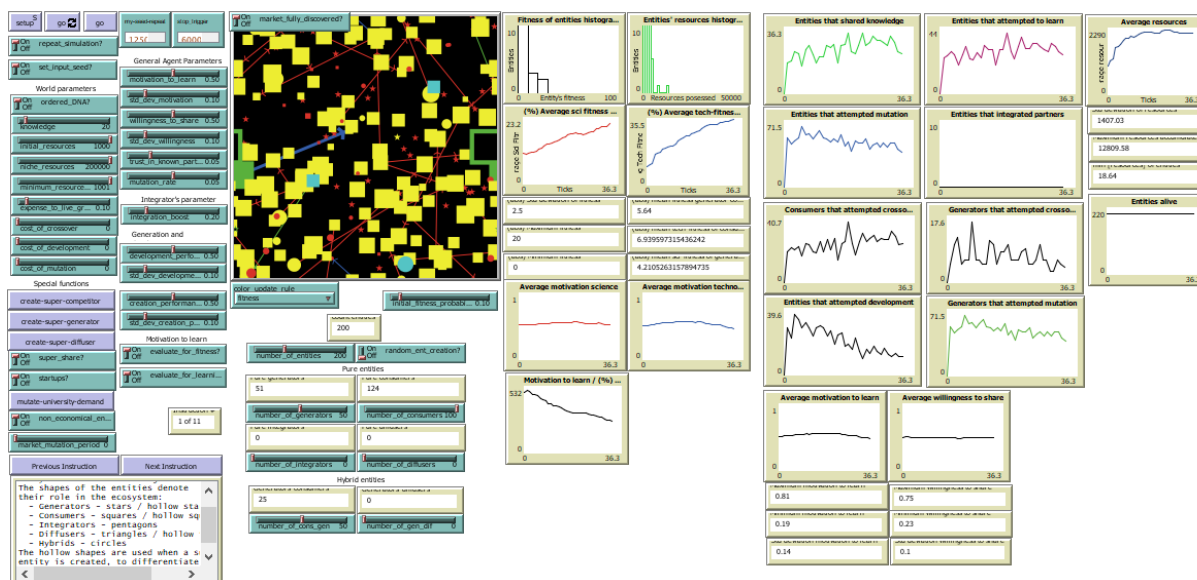


Figura 16 – Interface gráfica do modelo computacional

Fonte: o autor

5.4 Experimentos e Resultados

O modelo computacional implementado é bastante flexível contemplando vários parâmetros ambientais e relacionados às entidades. Diversas combinações destes parâmetros são possíveis, dando suporte ao teste de diversas hipóteses. Foi necessário, portanto, limitar o número de cenários a um número suficiente para provar o modelo conceitual, mas longe de exaurir as possibilidades do modelo. Nos cenários aqui abordados assume-se que os elementos de sustentação do ambiente são favoráveis e, portanto, a difusão do conhecimento depende da existência de diferenciais de conhecimento, da existência de entidades capazes de executar os papéis relativos ao conhecimento, das características destas entidades e de suas reações às mudanças do ambiente, excluindo, portanto, os impactos de outros fatores que poderiam mascarar os resultados dos fatores aqui descritos. A escolha destes cenários foi feita para testar algumas das condições de contorno do ecossistema, em particular a estabilidade da demanda do ambiente e a motivação em aprender das entidades, consideradas de maior interesse pelo autor. Para ser considerado um ecossistema de inovação um cenário deve ser capaz de manter constante fluxo de conhecimento e a adoção de novo conhecimento por parte dos consumidores de conhecimento.

Os cenários foram criados com diferentes conjuntos de entidades engajadas nos papéis relacionados ao conhecimento no ecossistema. O objetivo dos dois primeiros cenários é obter uma referência de ambiente incapaz de sustentar um ecossistema de inovação. Os cenários seguintes testam diferentes conjuntos em que se supõe que as funções essenciais do ecossistema pode ser coberta pelo mix de papéis desempenhados pelas entidades. São estes:

1. Consumidores puros.
2. Consumidores puros e geradores puros.
3. Consumidores puros e consumidores-geradores.
4. Consumidores puros e geradores-difusores.
5. Consumidores puros, consumidores-geradores e geradores puros.
6. Consumidores puros, geradores puros e difusores.
7. Consumidores puros, consumidores-geradores, geradores puros e difusores.

Os conjuntos acima foram testados nas seguintes condições⁷:

- Em ambiente estático e na ausência de integradores;
- Em ambiente dinâmico e na ausência de integradores;
- Em ambiente estático e com a presença de integradores;
- Em ambiente dinâmico e com a presença de integradores.

Foram realizados, portanto, 25 conjuntos de experimentos utilizando-se o *Behaviorspace*. Nestes experimentos, observou-se a evolução da aptidão e da motivação em aprender das entidades, assim como evolução da sua população. Não se utilizou a reposição de entidades no modelo, para que se pudesse observar com clareza a evolução das entidades em um ambiente competitivo, mas não excessivamente competitivo com elevado *turnover*. O constante surgimento de novas entidades poderia mascarar a evolução média dos agentes. Os parâmetros iniciais das simulações são apresentados no Quadro 2.

Utilizou-se combinações de regras de adaptação da motivação em aprender para avaliar o efeito que estas tem sobre o comportamento dos indivíduos e sobre as interações no ecossistema. Os outros parâmetros dos agentes foram mantidos estáticos após sua criação.

A disposição em compartilhar, o desempenho em pesquisa e o desempenho em desenvolvimento foram mantidos fixos após a criação das entidades, pois se assume que entidades de pesquisa e difusão, assim como nos consumidores-geradores há uma pré-disposição perene a criar novo conhecimento e desenvolvê-lo. Assume-se também que há

⁷ Exceto o conjunto 7, que foi experimentado apenas em ambiente dinâmico com integradores. Este cenário foi incluído para testar o efeito da redundância de papéis, e testá-lo em todas as condições alongaria desnecessariamente esta análise.

recompensas em compartilhar resultados como o pagamento de royalties ou a concessão de fundos, de maneira que todas as entidades são razoavelmente inclinadas a compartilhar conhecimento quando solicitadas.

Quadro 2 – Parâmetros iniciais comuns a todos os cenários

Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Semente de números aleatórios da simulação	Varia	Número de iterações a cada simulação	3000
Número de bits das cadeias	100	Motivação para aprender (desvio padrão)	50% (10%)
Recursos iniciais	1000	Disposição em compartilhar (desvio padrão)	50% (10%)
Recursos do nicho (máximo que cada entidade pode receber / iteração)	3000	Confiança em parceiros conhecidos (aplicado uma vez que as entidades interajam, e mantido fixo a partir de então)	+ 5%
Recursos mínimos para viver	1001	Taxa de mutação	2%
Fator de aumento dos recursos para viver (dos recursos acumulados)	10%	Confiança criada pela ação de integradores (aplicada toda vez que duas entidades interagem através de um integrador)	+ 20%
Custo de cruzamento	0	Desempenho em desenvolvimento (desvio padrão)	50% (10%)
Custo de desenvolvimento	0	Desempenho em pesquisa (desvio padrão)	50% (10%)
Custo de geração	0	Probabilidade de cada bit da cadeia original ser igual à ao bit da cadeia do ambiente	20% (ambientes estáticos) 70% (ambientes dinâmicos) ⁸

Fonte: o autor

Como já mencionado, assume-se um ecossistema condutivo à inovação, com estruturas que a fomentam e capital social elevado. Os custos para a execução das atividades do conhecimento também foi mantido nulo, pois as relações econômicas entre o custo de criação, desenvolvimento e difusão não estão em questão nesta tese. As entidades não consumidoras (geradores puros, geradores-difusores, difusores e integradores) foram configuradas para não demandar recursos do ambiente e, portanto, não competem com os agentes consumidores puros e consumidores-geradores. Desta forma as entidades não consumidoras são capazes de existir indefinidamente no ecossistema independente de seu

⁸Probabilidade de 20% de que cada bit do DNA da entidade seja igual aos do DNA da ambiente, mais 50% devido ao espaço de conhecimento ainda não descoberto e, portanto, não demandado. Desta forma as entidades inciam a simulação com boa aptidão, até que se iniciam as mudanças na demanda do ambiente, que podem surgir num conjunto de bits não possuído por nenhuma entidade ao início da simulação.

nível de atividade e aptidão relativa.

Todas as entidades (exceto as integradoras) avaliam suas interações de cruzamento através da ocorrência de novo aprendizado (entidades não consumidoras) e através do aumento percebido em sua aptidão (entidades consumidoras), atualizando o valor de sua motivação em aprender de acordo com o Quadro 3:

Quadro 3 – Variação da motivação em aprender com a experiência

Avaliação de aptidão (consumidores)		Avaliação de aprendizado (não consumidores)	
Fato	Efeito	Fato	Efeito
Aumento positivo de aptidão	+ 10%	Ocorreu aprendizado	+ 5%
Aumento nulo de aptidão	- 5%	Aprendizado nulo	- 5%
Diminuição da aptidão	- 5%		

Fonte: o autor

O comportamento de avaliação pode mudar de ecossistema para ecossistema, acomodando diferenças de *mindset* que podem levar a comportamentos mais ou menos tolerantes ao fracasso, mais ou menos focados em ganhos de curto prazo, dando mais ou menos valor ao aprendizado ainda que este não traga benefícios imediatos. Para tanto, basta alterar os valores de ajuste da motivação em aprender (e dos outros parâmetros comportamentais dos agentes se for o caso), assim como o critério contra o qual se compara o resultado da interação.

Algumas observações devem ser feitas quanto a estas avaliações: quando entidades com ambos os conhecimentos científico e tecnológico interagem, elas realizam o cruzamento com as duas cadeias de bits de conhecimento e, portanto, a avaliação leva em consideração a mudança de ambos, unindo as duas cadeias antes de realizar a avaliação. Com isto, um ganho de aptidão em uma das cadeias pode ser anulado por uma perda de aptidão na outra, levando a um resultado nulo pelo esforço empreendido e, portanto a uma avaliação negativa.

As cadeias de conhecimento são criadas de acordo com o parâmetro de aptidão inicial. Cada bit da cadeia da entidade será sorteado de acordo com uma probabilidade de ser igual a 1, dada pelo referido parâmetro. Os bits com valor igual a 1 são então agrupados ao início da cadeia.

Já a cadeia da demanda é gerada de maneira diferente. Nos experimentos criados para ter demanda estática considera-se que existe uma resposta perfeita à demanda, constituída inteiramente por 1s. Desta forma, os agentes começam com aptidão em média semelhante ao parâmetro aptidão inicial, permitindo que se observe a capacidade dos agentes de se

adaptarem a esta demanda a partir desta condição.

Nos experimentos criados para ter demanda dinâmica, a cadeia da demanda é criada com os bits da primeira metade da cadeia iguais a 1, e os da segunda metade iguais a 0, deixando espaço para que conhecimento ainda não demandado passe a ser demandado no futuro, assim como permitindo que conhecimento inicialmente demandado deixe de ser demandado. Neste cenário recomenda-se manter o parâmetro de aptidão inicial inferior a 50% por conta da forma como as cadeias serão criadas. Como apenas metade da cadeia da demanda está preenchida, isto dará às entidades uma aptidão inicial de 50% mais o valor do parâmetro de aptidão (pois a parte de 0s será igual entre as cadeias da demanda e das entidades). Garante-se desta maneira a possibilidade de que o ambiente passe a demandar soluções baseadas em conhecimento não existente no ecossistema antes do início da simulação.

Escolheu-se um número de iterações suficiente para que a dinâmica do sistema assuma seu caráter de regime permanente, determinada por tentativa e erro após várias simulações com múltiplos parâmetros. Cada experimento com um dado conjunto de parâmetros e entidades foi executada 200 vezes, cada execução com uma semente diferente, de maneira que os pontos das curvas dos gráficos apresentados como resultado são obtidos a partir da média e do desvio padrão do conjunto de pontos obtidos para cada iteração ao longo destas 200 simulações.

Para manter a discussão razoavelmente sucinta, apenas os gráficos com diferenças dignas de nota foram apresentados para cada cenário.

5.4.1 Experimento 1

A população deste experimento é composta por 100 consumidores puros.

Em um ambiente estável e sem a presença de integradores as entidades iniciam a simulação inclinadas a aprender e a compartilhar conhecimentos, e é o que estas fazem nas primeiras iterações. Rapidamente, as poucas diferenças de conhecimento desaparecem (desvio padrão praticamente nulo), o que também ocorre porque as menos aptas sucumbem à competição ainda nas primeiras iterações, com a população caindo de 100 para pouco mais de 20 em média. A população final tem a ver também com o tamanho do mercado (recursos) e o custo para sobreviver no ambiente, que dá a capacidade de suporte do ambiente.

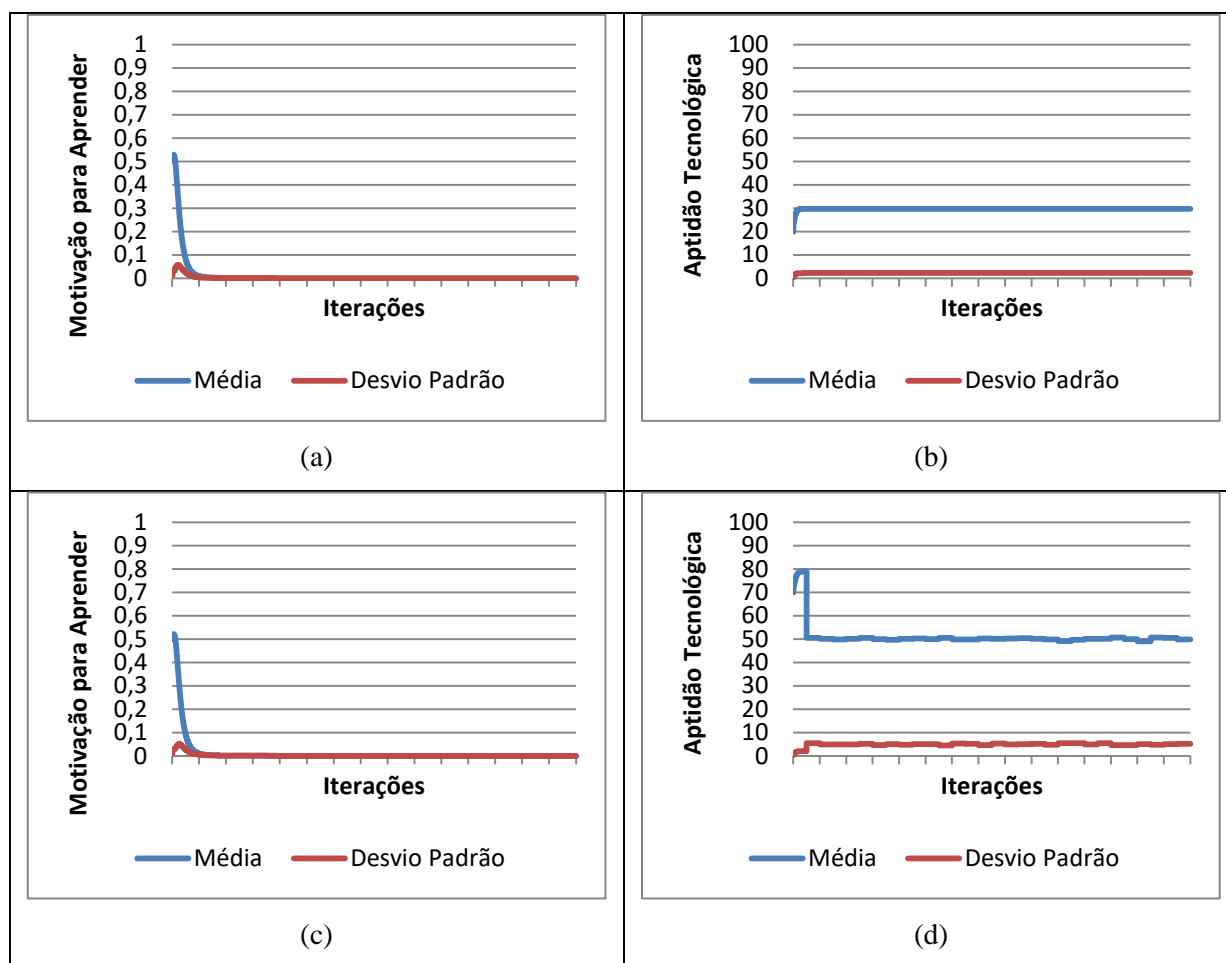


Figura 17 – Experimento 1 – (a) Motivação para aprender – consumidores puros, ambiente estático; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros, ambiente estático; (c) Motivação para aprender – consumidores puros, ambiente dinâmico; (d) Aptidão tecnológica – consumidores puros, ambiente dinâmico

Fonte: o autor

Como resultado da homogeneização do conhecimento, a recompensa pelas atividades de conhecimento (aumento de aptidão) começa a se tornar cada vez mais rara, fazendo com que a cada interação as entidades se tornem menos e menos motivadas em aprender. Os fluxos de conhecimento, então, cessam por completo. Estas entidades estão vulneráveis à entrada de competidores relativamente mais aptos, que acabariam por receber uma fatia maior do que a média de recursos o que causaria a morte de mais algumas das entidades que atualmente conseguem recursos suficientes para permanecerem vivas apesar de sua baixa aptidão absoluta.

Em um ambiente dinâmico o mesmo ocorreu. As entidades inicialmente trocaram conhecimento e as menos aptas foram eliminadas de maneira que apenas as mais ajustadas permanecem vivas, novamente com a população rapidamente estabilizando pouco acima de 20 entidades. Com as mudanças do mercado houve inicialmente uma forte queda na aptidão

média, sendo que os patamares iniciais nunca mais foram atingidos tanto por causa da frequência das mudanças como porque não há geração de novo conhecimento. Mesmo com as mudanças no ambiente, as entidades não têm incentivo para aprender para se adaptar, pois não há no ambiente quem lhes forneça novo conhecimento. Investir em interações do conhecimento não mudaria sua aptidão. Ainda assim, o desvio padrão da aptidão das entidades é ligeiramente maior do que antes, dado o fato de que as frequentes mudanças do mercado não dão às entidades tempo suficiente para homogeneizar o conhecimento, especialmente em face da baixa quantidade interações por ciclo. As flutuações observadas se dão mais porque o mercado volta a demandar um conhecimento possuído pelas entidades ou deixa de demandar conhecimento não possuído do que por ação das mesmas. Sua sobrevivência neste estado só é possível porque o mercado não tem opção e continua fornecendo recursos a entidades de baixa aptidão absoluta, posto que todas estão relativamente no mesmo patamar de aptidão.

Em ambos os cenários a introdução de cinco integradores no ambiente não afetou o resultado, tanto na aptidão quanto na motivação em aprender das entidades. Isto porque apesar de interações do conhecimento ocorrerem, estimuladas pelos integradores, seu resultado em sua maioria continuava sendo o mesmo – trocas de conhecimento onde nem aumento de aptidão nem aprendizado ocorria.

Pode-se afirmar, como já esperado, que neste cenário composto apenas por entidades consumidoras de conhecimento expostas ao mercado não há um ecossistema de inovação, pois não há a criação, a difusão e a aplicação de novo conhecimento. Seu comportamento é semelhante a um mercado fechado, onde não há geração endógena de conhecimento.

5.4.2 Experimento 2

A população deste experimento é composta por 100 consumidores puros e 20 geradores puros.

Uma resposta frequente ao primeiro cenário é o investimento em centros de pesquisa para gerar conhecimento novo. Cresce o apelo por investimentos em ciência, na esperança de que o conhecimento gerado eventualmente fará parte de novos produtos, processos e serviços que trarão ganhos de produtividade, competitividade e qualidade de vida. Para avaliar este cenário, foram inseridos 20 geradores puros no ambiente, responsáveis por criar novo

conhecimento. Novamente, as entidades iniciam as simulações motivadas a aprender, com baixa aptidão inicial absoluta no caso estável e, razoavelmente elevada no caso dinâmico.

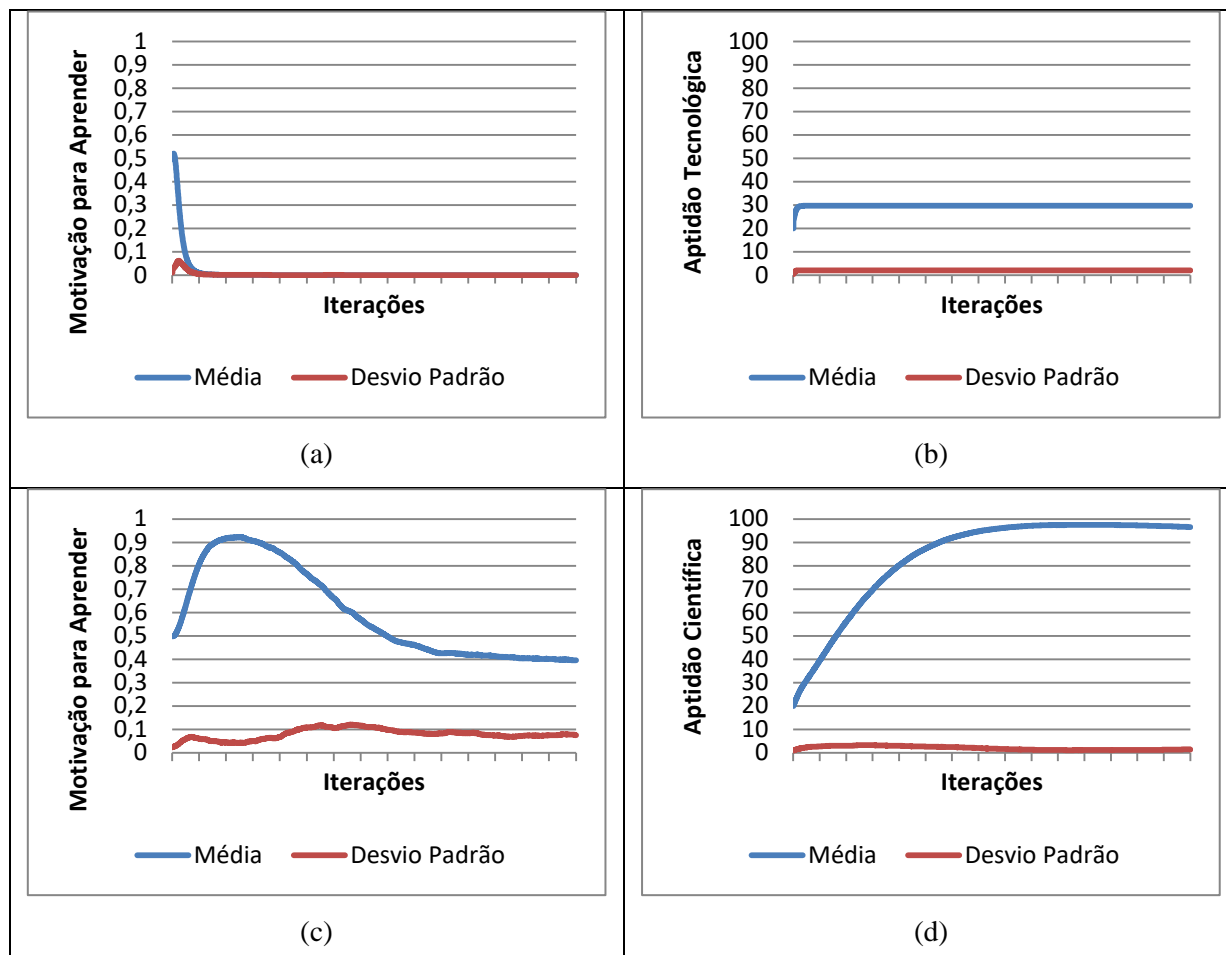


Figura 18 – Experimento 2 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros

Fonte: o autor

Em ambiente estável e sem a presença de integradores (Figura 18) o comportamento dos consumidores puros foi muito semelhante ao observado nos cenários estáticos do experimento 1. Sua aptidão tecnológica rapidamente estabilizou em um patamar baixo, ao passo que sua motivação em aprender caiu a valores nulos, tanto na média como em desvio padrão. Sua população novamente ficou em cerca de 20 consumidores puros ao final da simulação.

Já os geradores puros alcançaram valores de aptidão científica acima de 95% com baixa dispersão. Sua motivação em aprender se elevou bastante durante o período em que o conhecimento inicial possuía alguma heterogeneidade aliado ao fato de que novo conhecimento era constantemente descoberto. E em seguida caiu quando a aptidão média

alcançou valores elevados, demonstrando que o conhecimento havia se homogeneizado. Quando todas as entidades já possuem praticamente todos os bits de conhecimento de sua cadeia preenchida, a motivação em aprender cai, pois diminuem o número de interações onde há grandes diferenças de conhecimento a serem compartilhadas. No entanto, fica consideravelmente mais elevada do que a dos consumidores puros, próxima a 40% de chance de se engajar em aprendizado. Apesar de já não haver tanta diversidade como antes da maturidade do conhecimento do ecossistema, sempre surgem coisas novas a serem aprendidas, pois o conhecimento interno destas entidades continua mudando incrementalmente em razão de seus esforços de pesquisa. Sua população não varia, pois não estão expostas ao mercado. Estas entidades podem inclusive se dar ao luxo de pesquisar ou aprender conhecimento que as distancia da demanda do mercado e ainda considerar a interação como positiva, sem risco de eliminação pelo ambiente.

A introdução de cinco integradores neste cenário também não afetou significativamente o resultado dos consumidores puros, mas causou um ligeiro aumento na aptidão científica dos geradores puros e uma queda de 15 pontos percentuais em sua motivação em aprender, de certo porque o aumento da frequência das interações não dá às entidades geradoras tempo suficiente para criar diferenças de conhecimento, gerando interações sem aprendizado e avaliações negativas. Isto leva as entidades a ajustarem sua motivação a aprender a um nível que compensa a atuação dos integradores.

No cenário dinâmico (Figura 19) novamente não se notou grande diferença em relação ao comportamento dos consumidores puros observados no experimento 1 (Figura 17) e no cenário estático do experimento 2 (Figura 18). No entanto, no caso dos geradores puros ocorreram diferenças importantes. A primeira grande diferença é o forte aumento da motivação em aprender. Como a demanda do ambiente está em constante mudança não houve tempo para o conhecimento científico se tornar homogêneo no entorno de uma determinada solução. Com isto existe no ambiente uma quantidade maior de entidades com aptidão igual ou superior e com diferenças de conhecimento apreciáveis para serem sorteados na escolha de parceiros emissores, levando a um maior número de interações bem avaliadas. Pode-se perceber a queda da aptidão científica média a cada mudança do ambiente, mas percebe-se também que a geração de novo conhecimento, aliada à escolha de parceiros aptos, faz com que a aptidão científica sempre cresça durante os intervalos entre as mudanças do ambiente, gerando um gráfico semelhante a um serrate. A introdução de cinco integradores novamente

não levou a grandes diferenças tanto na apatia dos consumidores puros como na euforia dos geradores puros.

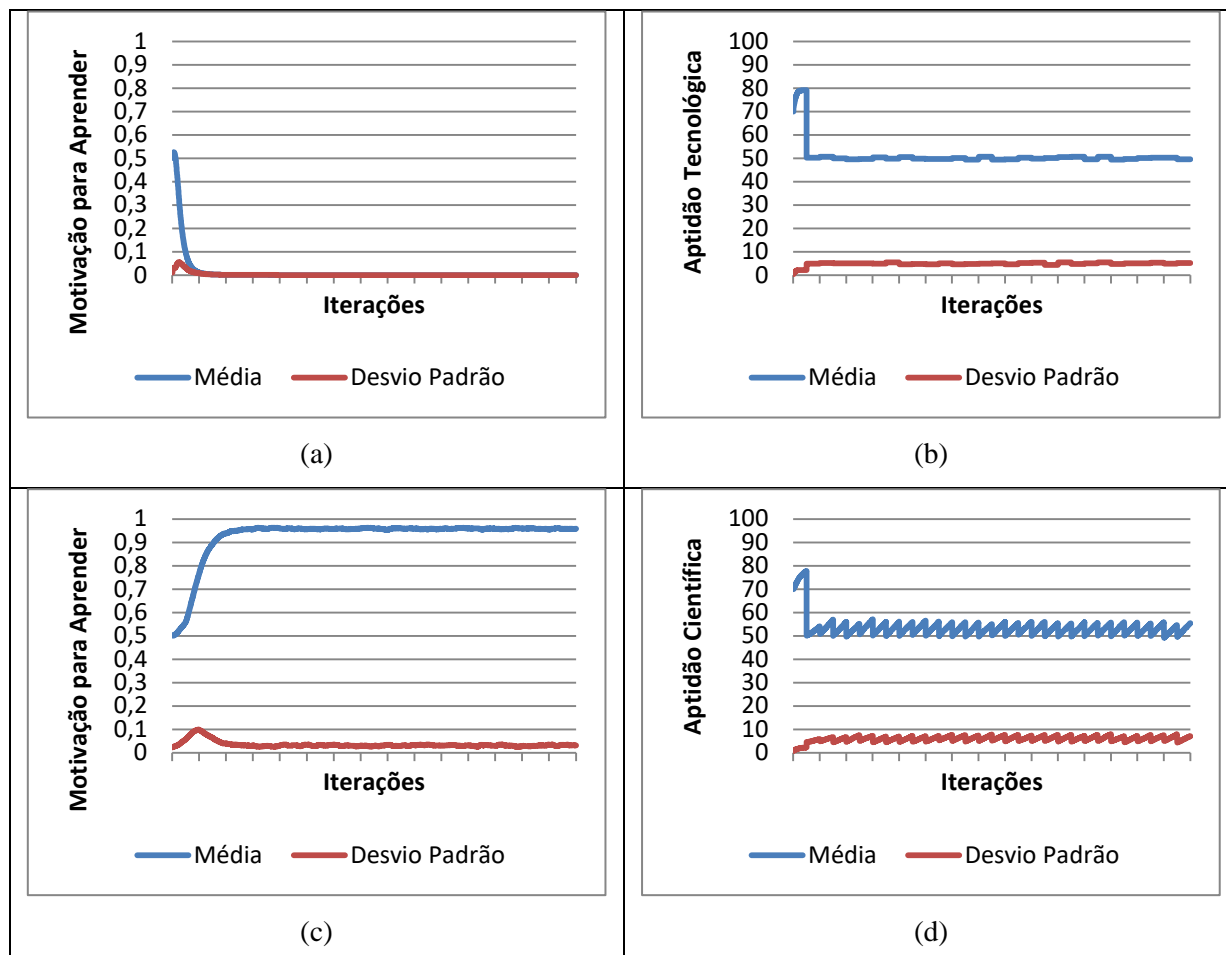


Figura 19 – Experimento 2 – ambiente dinâmico sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros

Fonte: o autor

A deficiência deste cenário reside no fato de que o conhecimento criado pelos geradores puros não chega a ser aplicado pelos consumidores puros. Não ocorre, portanto, inovação. Isto acontece porque os consumidores puros, detentores apenas de conhecimento tecnológico, não possuem a sofisticação necessária para absorver o novo conhecimento gerado diretamente dos geradores puros. Cria-se, portanto, a forte divisão entre a economia de pesquisa, movida pela pesquisa básica e pela busca de conhecimento e a economia de mercado, movida pelas forças do comércio. Este cenário demonstra a diferença já mencionada neste texto entre sistemas de invenção e sistemas de inovação. Portanto, não se obtém aqui um ecossistema de inovação apesar de o cenário ser capaz de sustentar de maneira continuada a geração de novo conhecimento e interações entre os geradores puros.

5.4.3 Experimento 3

A população deste experimento é composta por 100 consumidores puros e 20 consumidores-geradores.

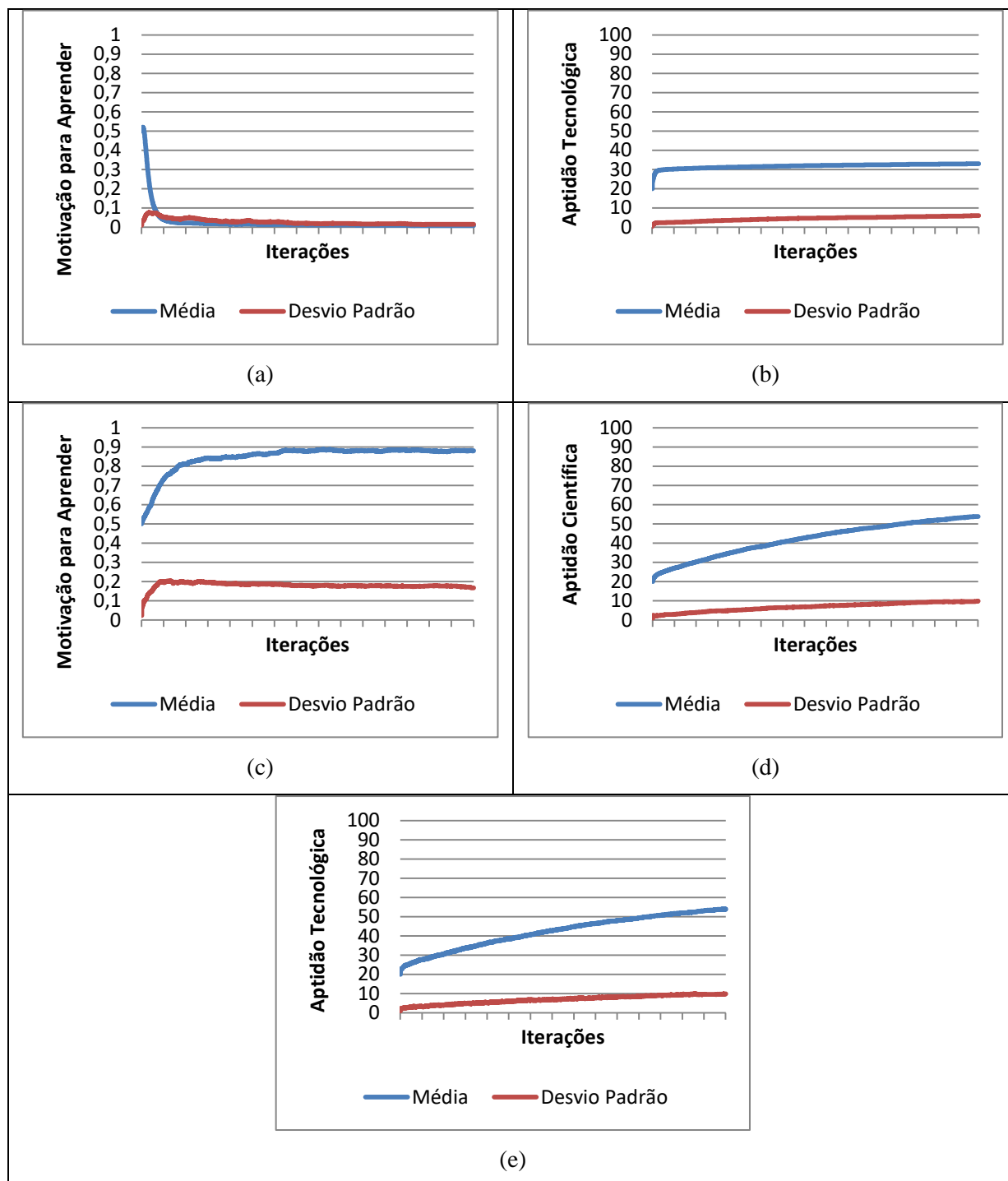


Figura 20 – Experimento 3 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores

Fonte: o autor

Frequentemente se comenta o papel de empresas âncoras em gerar novo conhecimento ou absorvê-lo de fontes externas ao ecossistema continuamente e o disseminar em um ecossistema. Estas teriam a sofisticação necessária para realizar pesquisa e aplicá-la a novos produtos, processos e serviços que então seriam licenciados, imitados ou copiados por outros que não a possuem.

Em um cenário estático percebe-se uma clara vantagem competitiva dos consumidores-geradores se comparados aos consumidores puros (Figura 20). Sua aptidão tecnológica média cresce, ainda que muito lentamente se comparada ao crescimento da aptidão dos geradores puros do experimento 2 (Figura 18). Isto ocorreu porque ao final de algumas iterações vários consumidores-geradores (assim como vários consumidores puros) haviam sucumbido à competição e, portanto, havia menos entidades gerando novo conhecimento no ecossistema. Os consumidores puros seguem, em média, bem atrás em termos de aptidão e tendem a interagir menos do que os consumidores-geradores. Isto porque ao início da simulação, enquanto consumidores-geradores interagem entre si trocando conhecimento científico ainda não traduzido em conhecimento tecnológico, os consumidores puros estão sofrendo com interações infrutíferas e diminuindo sua motivação em aprender. Os poucos que ainda têm alguma motivação para se engajar em atividades de aprendizado ao final das primeiras iterações o fazem esporadicamente, ocasionando o grande retardo em relação aos consumidores geradores.

Durante as simulações observou-se grande variabilidade relativa na população de consumidores-geradores. Os consumidores puros terminaram a simulação com uma população próxima de 18 entidades, com desvio padrão de 1,46. Já os consumidores-geradores terminaram com uma média de 1,92 com desvio padrão de 1,26. Nota-se que a soma de ambos fica próxima da população anteriormente vista quando havia apenas consumidores puros competindo pelo mercado, se não um pouco inferior por conta da superioridade dos consumidores-geradores em boa parte dos casos. Isto lhes confere uma fatia maior dos recursos e inviabiliza a vida de alguns consumidores puros menos aptos, levando a uma população total de consumidores ligeiramente menor, dado o fato que o tamanho do mercado e os custos para a sobrevivência não mudaram. Em algumas simulações os consumidores-geradores eram muito mais aptos do que os consumidores puros, às vezes tão aptos quanto os consumidores puros e, em algumas ocasiões, os consumidores-geradores simplesmente deixavam de existir por completo.

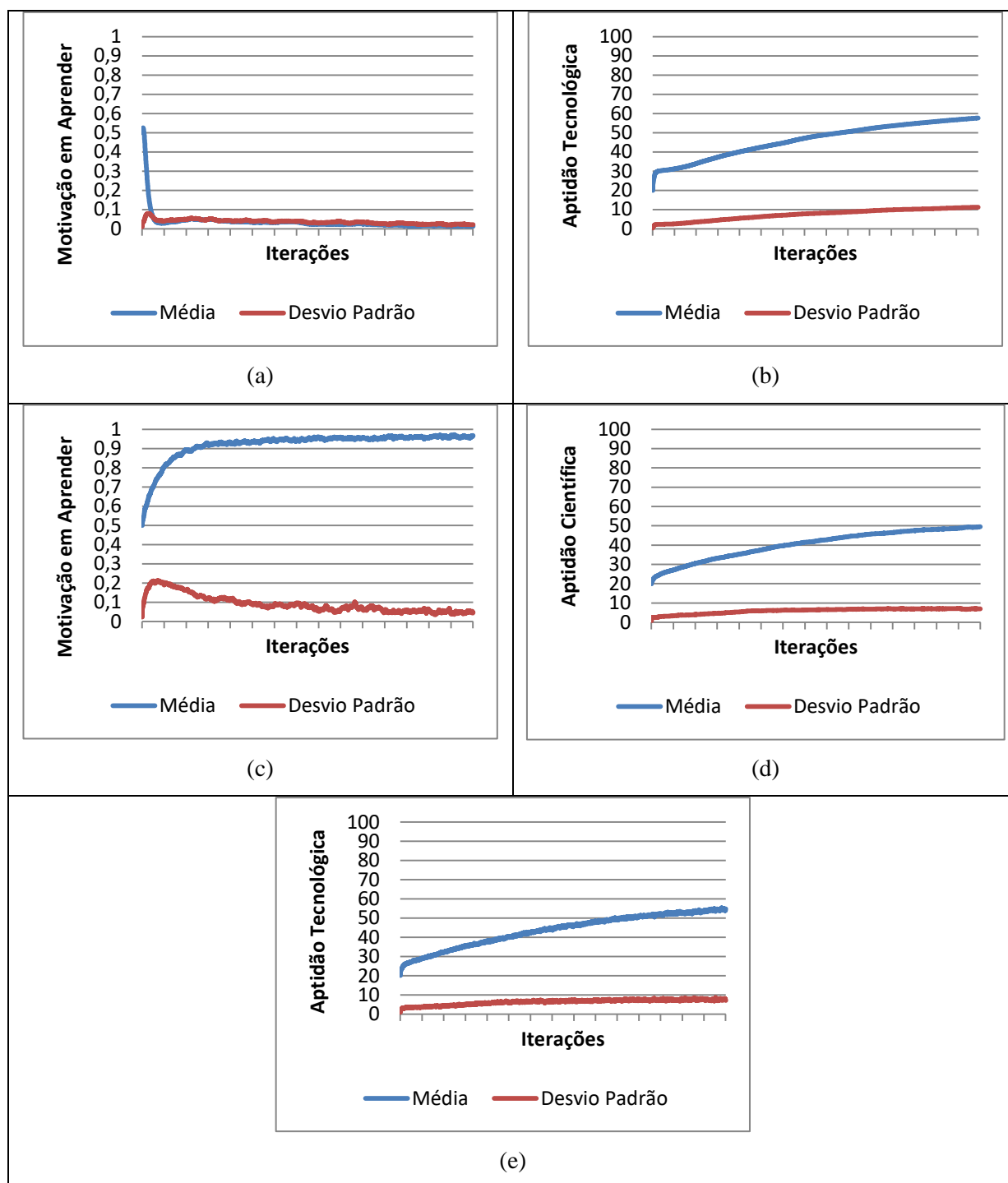


Figura 21 – Experimento 3 – ambiente estático com integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores

Fonte: o autor

Neste cenário estático percebe-se um impacto positivo da introdução de cinco integradores no ambiente (Figura 21). Apesar de continuarem com uma baixa motivação em aprender, os consumidores puros agora passam a interagir por conta da atuação dos

integradores. Como o método de seleção de parceiros dá mais chances aos mais aptos, os consumidores puros acabam por buscar conhecimento junto aos poucos consumidores-geradores, referências no ecossistema apesar de serem menos numerosos. Isto aumenta a aptidão média dos consumidores puros. No entanto, percebe-se que sua motivação em aprender não cresce de acordo, indicando que o processo de geração de novo conhecimento é lento, permitindo que ocorram várias interações sem aumento de aptidão o que acaba por manter a motivação em aprender média dos consumidores puros em baixa.

Em um cenário dinâmico (Figura 22) as entidades exibiram melhoras muito discretas. Olhando os dados com cuidado é possível perceber o gráfico em forma de serrote na aptidão dos consumidores-geradores, mas é tão discreto que é uma melhora praticamente negligível. Isto indica que este arranjo não é capaz de gerar conhecimento, transformá-lo e aplicá-lo rápido o suficiente para que se possa chamá-lo de ecossistema de inovação. Tanto que o desempenho de consumidores-geradores e consumidores puros não chegou a se destacar do desempenho dos consumidores puros em cenários dinâmicos no experimento 1 (Figura 17) e no experimento 2 (Figura 19), cenários em que claramente não havia um ecossistema de inovação.

Com a inserção de cinco integradores no ambiente (Figura 23), percebe-se que o número de interações entre as entidades aumenta, e os consumidores puros passam a exibir o mesmo gráfico serrote sutil exibido pelos consumidores-geradores. No entanto, assim como na situação sem integradores, o desempenho da adaptação é fraco, fazendo com que a aptidão média dos agentes não seja muito superior ao desempenho dos consumidores puros em cenários dinâmicos no experimento 1 (Figura 17) experimento 2 (Figura 19), cenários estes em que claramente não havia um ecossistema de inovação. Os integradores foram eficazes em manter os fluxos e a difusão do novo conhecimento gerado, mas não havia geração e transformação de conhecimento em volume suficiente para fazer diferença.

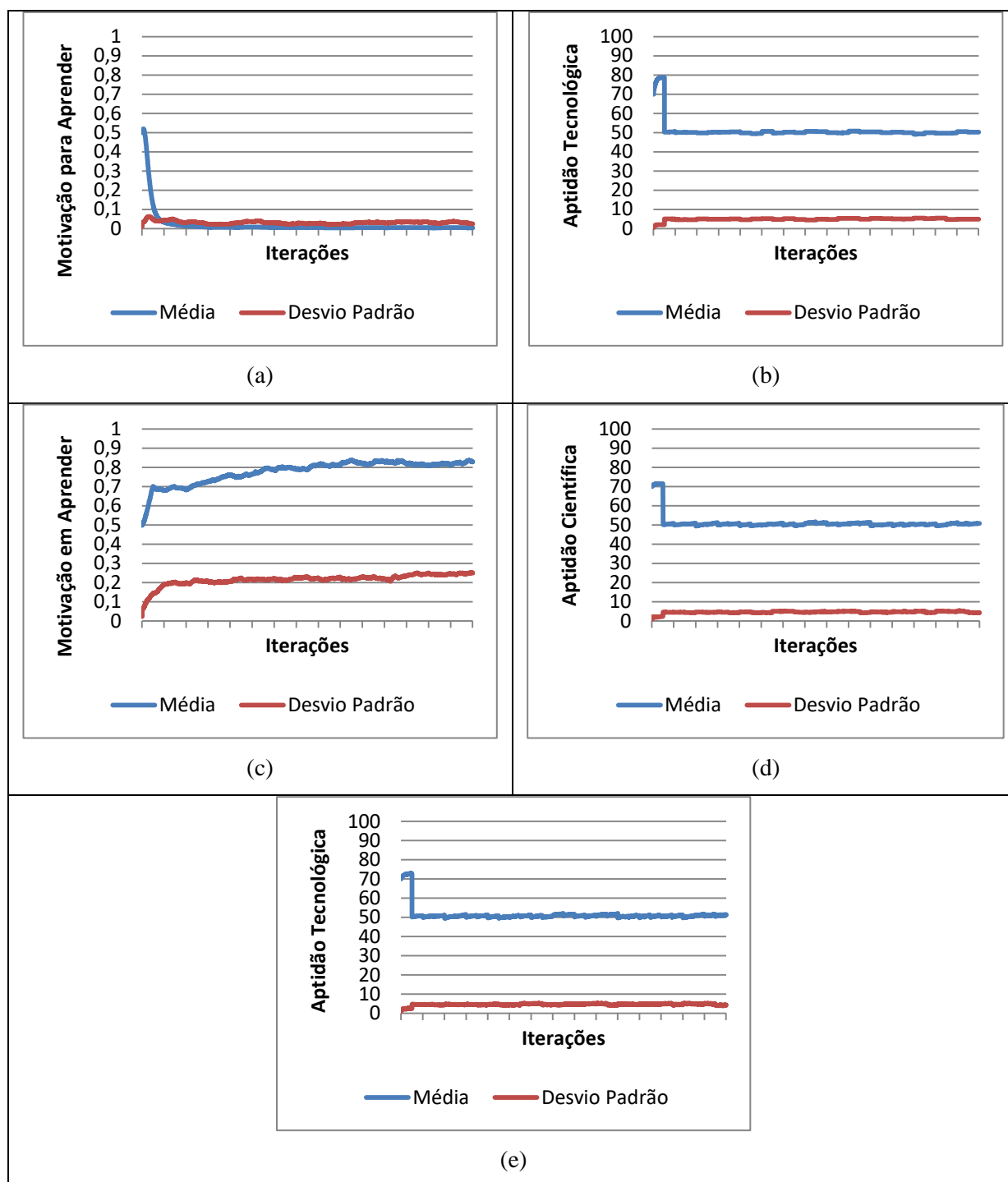


Figura 22 – Experimento 3 – ambiente dinâmico sem integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores

Fonte: o autor

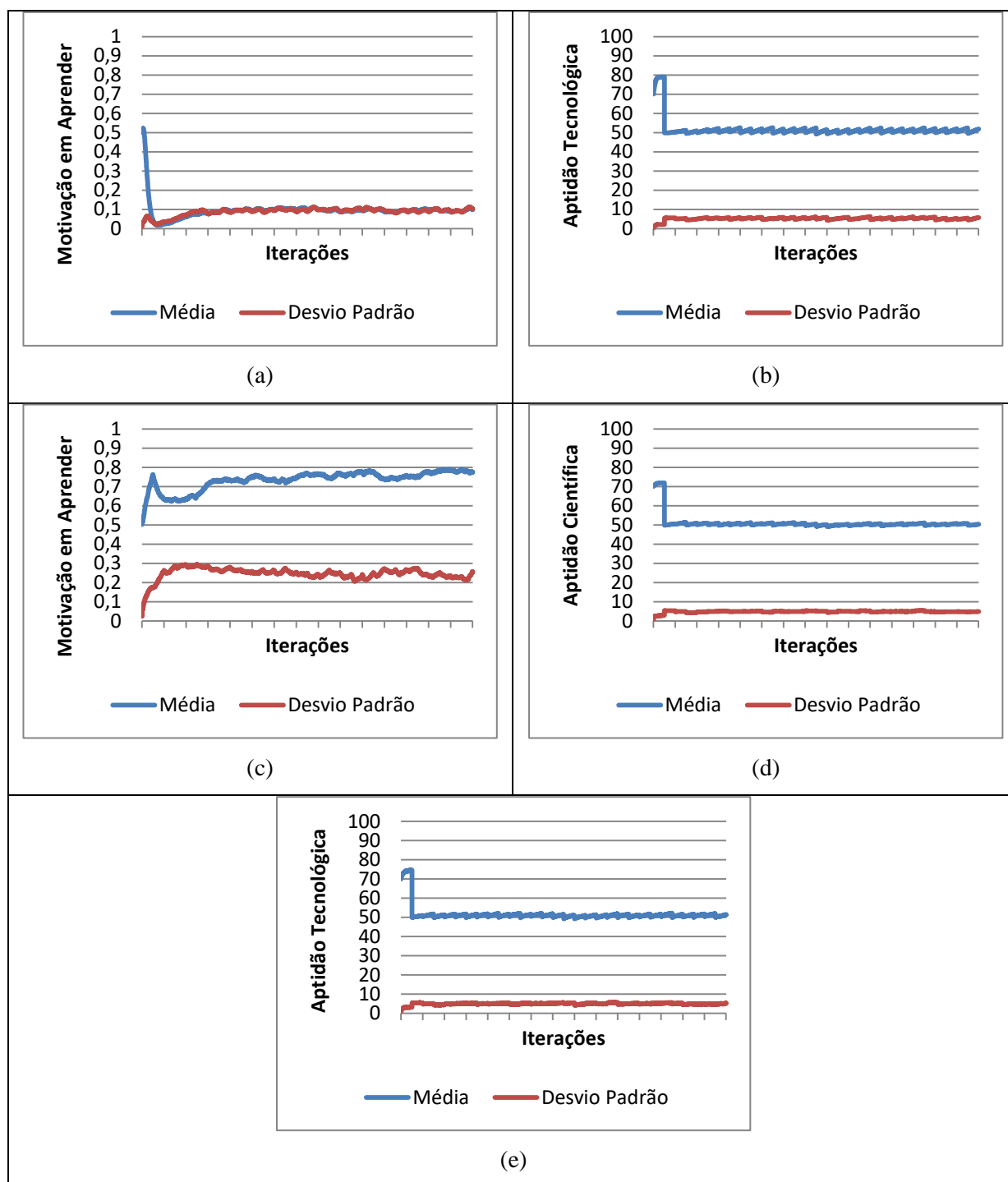


Figura 23 – Experimento 3 – ambiente dinâmico com integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (d) Aptidão científica – consumidores-geradores; (e) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores

Fonte: o autor

Neste experimento o fraco desempenho inovativo ocorreu porque havia poucas entidades engajadas em gerar e transformar conhecimento, de maneira que não era possível acompanhar as mudanças do mercado a contento. Como não se utilizou a reposição de

entidades, algumas destas simulações terminaram seu curso sem nenhum consumidor-gerador presente. As forças de seleção natural excluem entidades consumidoras que inserem inovações não desejadas pelo ambiente, ainda que estas tivessem o potencial de ser desejadas no futuro. Este é o problema com este arranjo. Confiar apenas na presença de consumidores-geradores para criar, transformar e difundir conhecimento é arriscado porque estar exposto ao mercado é arriscado. Como já mencionado, investir em uma nova tecnologia no momento errado pode levar ao uso de um grande volume de recursos para se obter retornos medíocres. Não investir, no entanto, pode levar a entidade à estagnação e à vulnerabilidade em relação a outros dispostos a investir. Este é o dilema do inovador.

Por conta do risco de extinção dos agentes consumidores-geradores, o ecossistema pode perder invenções que ainda não foram convertidas em inovações, ou ter inovações restritas a poucas entidades pois há poucas fontes para a difusão. Empresas estão expostas não apenas aos riscos inerentes à introdução de um novo produto em um mercado, mas também a crises, escândalos, mudanças na legislação, favorecimento de competidores por corrupção de governos dentre outros que podem levá-la à extinção ainda que muito apta. Possui-se, portanto, baixa capacidade de retenção de invenções e inovações não comercializáveis quando se depende apenas de consumidores-geradores expostos ao mercado para mantê-las. Este descarte torna a adaptação lenta, e por vezes duplica o esforço, pois se deve criar novamente algo que já existiu.

Outro fator digno de nota é que nesta simulação as entidades são eternamente dispostas a compartilhar, fato com o qual nem sempre se pode contar em entidades consumidoras, em especial quando a tecnologia conferir grande vantagem competitiva. Também não foi dada aos agentes a capacidade de decidir sobre investir em pesquisa e desenvolvimento de acordo com seu desempenho no mercado. Em situações reais estas organizações poderiam ter que decidir entre permanecer vivas ou investir em criação e desenvolvimento, e isto poderia estancar de vez a geração e transformação de novo conhecimento.

Com esta configuração por vezes obteve-se um ecossistema de inovação e por vezes terminou-se com algo semelhante ao experimento 1 – após algumas iterações o ambiente já não possuía nenhum consumidor-gerador. Na maioria das vezes, no entanto, obteve-se um ecossistema com fraco desempenho inovativo e baixa capacidade de acompanhar as demandas do mercado, mesmo em ambientes dinâmicos estimulados por integradores.

5.4.4 Experimento 4

A população deste experimento é composta por 100 consumidores puros e 20 geradores-difusores.

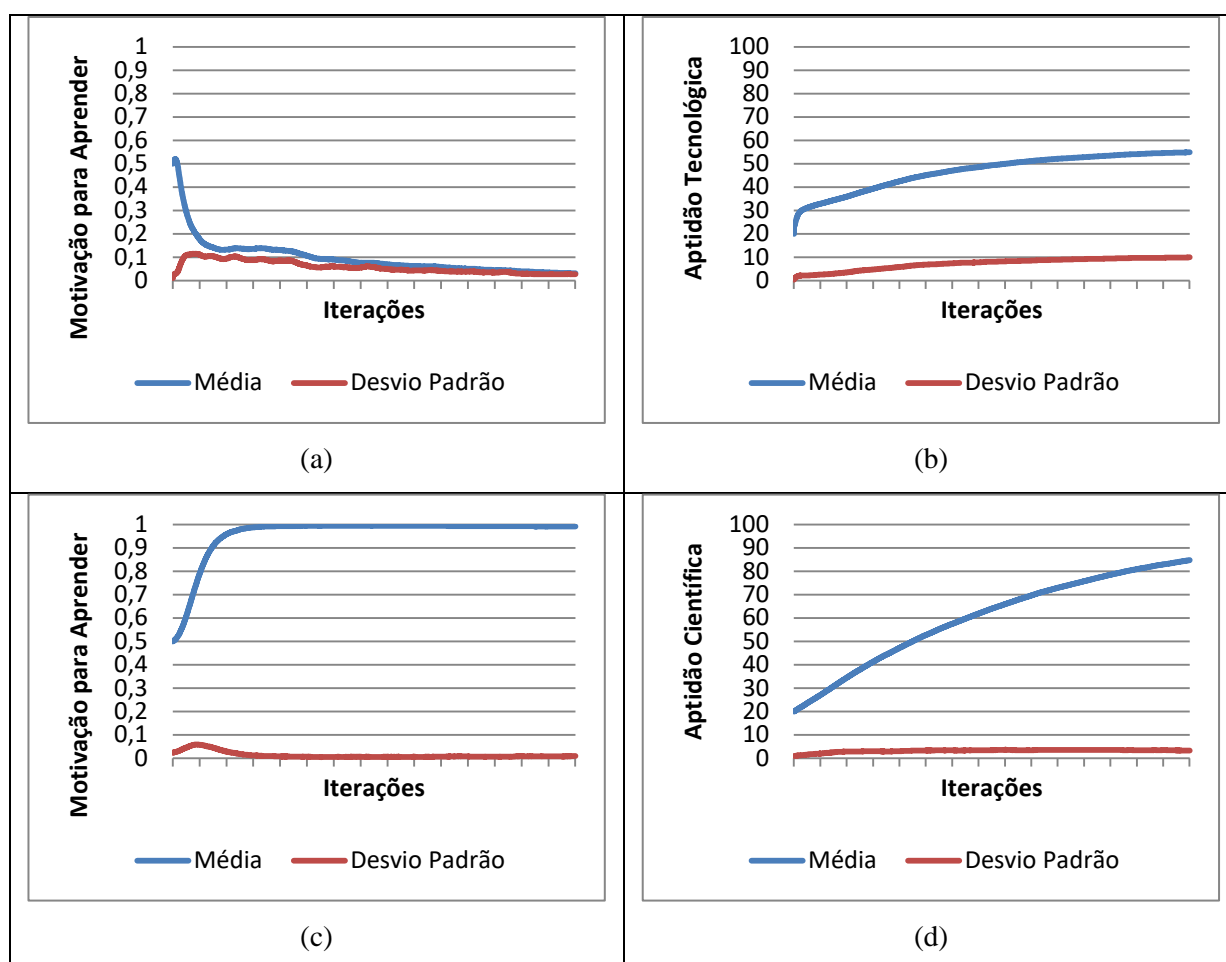


Figura 24 – Experimento 4 – ambiente estático sem integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – geradores-difusores

Fonte: o autor

Já se percebe neste cenário (Figura 24) um desempenho superior ao dos cenários estáticos dos experimentos anteriores mesmo sem integradores. O maior número de geradores e conversores de novo conhecimento científico em conhecimento tecnológico eleva a velocidade da geração e disponibilização de conhecimento para aplicação. Com isto os consumidores puros passam por mais interações que resultam em aumento de aptidão. No entanto, ainda assim sua motivação em aprender e o número de interações cai após certo ponto, estabilizando a aptidão tecnológica dos consumidores puros. Já a motivação dos geradores difusores permanece alta à medida que o conhecimento científico evolui. Estes

devem interagir como receptores mais entre si do que com os consumidores puros, posto que sua aptidão média é maior e a forma de sorteio, embora não exclua os menos aptos, prioriza os mais aptos. É possível que esta motivação caia quando a aptidão destes alcançar valores próximos de 100%, embora se mantenha sempre em valores acima de zero em vista do novo conhecimento sendo constantemente gerado.

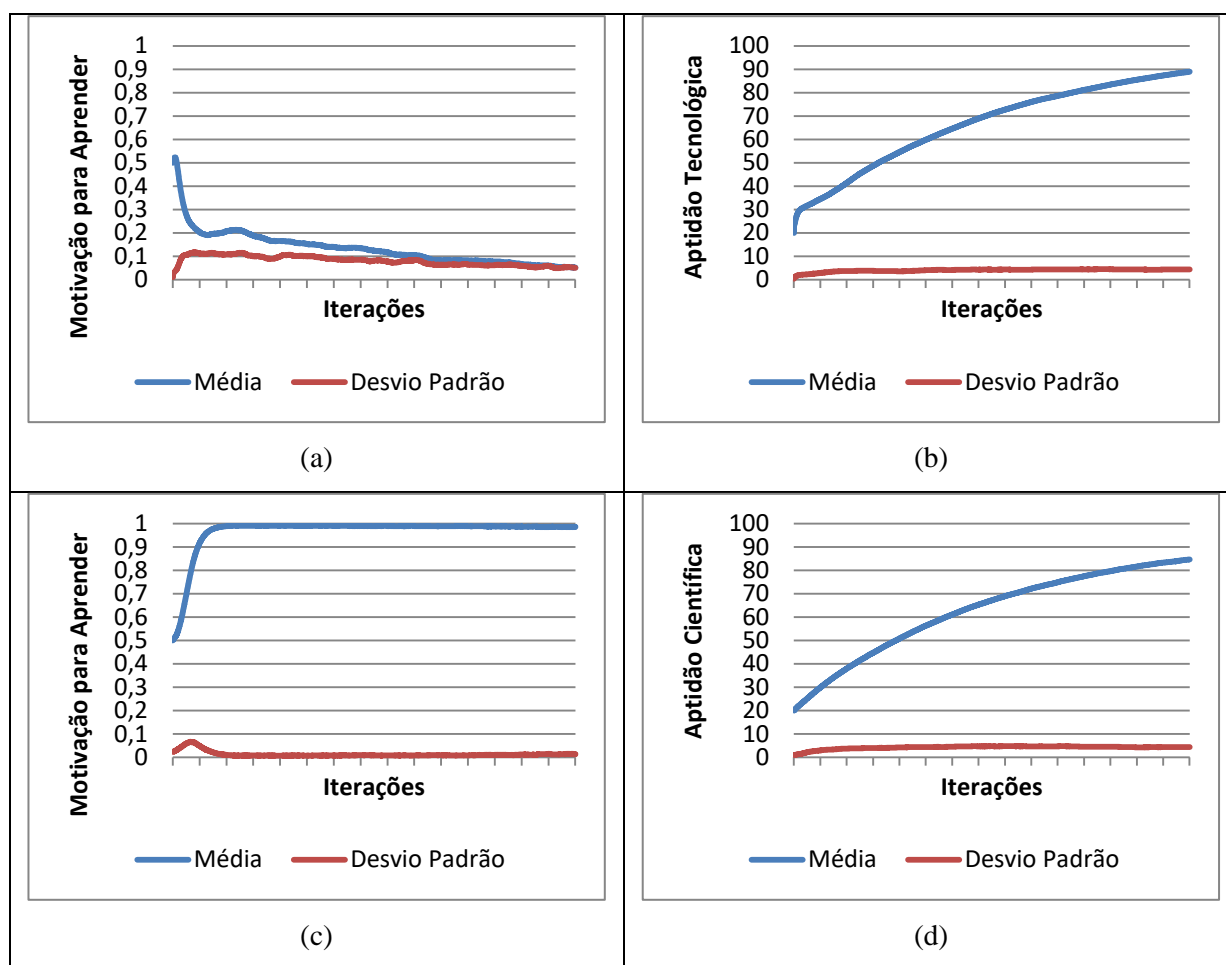


Figura 25 – Experimento 4 – ambiente estático com integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – geradores-difusores

Fonte: o autor

Com a inserção de cinco integradores (Figura 25) o desempenho do ecossistema sofre uma sensível melhora. Embora a motivação em aprender e a aptidão científica dos geradores-difusores não tenha sofrido alterações sensíveis, a aptidão tecnológica dos consumidores puros aumentou consideravelmente. Pelos mesmas razões sua motivação em aprender cai conforme sua aptidão aumenta, mas desta vez os consumidores puros continuam a interagir frequentemente graças à atuação dos integradores, que os estimulam a continuar interagindo.

Desta forma o novo conhecimento criado e transformado pelos geradores-difusores se difunde entre os consumidores puros, com pouco atraso.

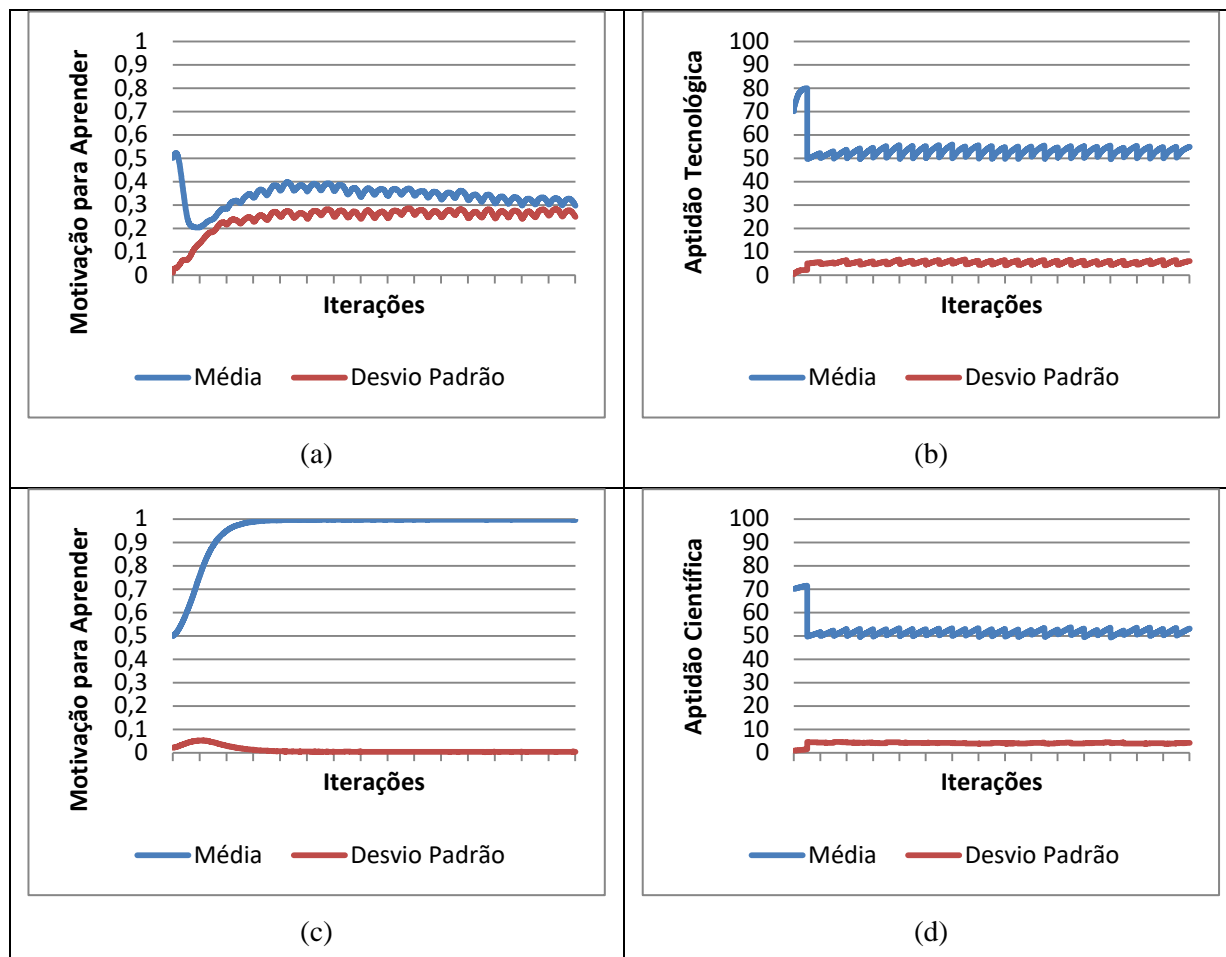


Figura 26 – Experimento 4 – ambiente dinâmico sem integradores– (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – geradores-difusores

Fonte: o autor

Em um ambiente dinâmico sem integradores (Figura 26) novamente se percebe sensível melhora em relação aos cenários dos experimentos anteriores. Percebe-se o padrão de serrote no gráfico da aptidão e um padrão de meia onda senoidal no gráfico da motivação para aprender dos consumidores puros. Isto porque à medida que a aptidão sobe sua motivação para aprender diminui para proteger os ganhos de aptidão já conquistados, até que surja uma mudança no mercado que cause uma grande perda de aptidão e motive as entidades a se adaptar. Aquelas que falham em se adaptar ou não estão em boa posição competitiva após a mudança acabam por ser excluídas pela competição. Já os geradores-difusores mantêm desempenho semelhante ao cenário sem integradores. Graças à não exposição ao mercado estes se mantêm vivos mesmo com as fortes flutuações no DNA da demanda, e o desempenho

gerador de novo conhecimento do ecossistema se mantém. Percebe-se, portanto, a capacidade de retenção de conhecimento e de aumento de aptidão científica após cada mudança.

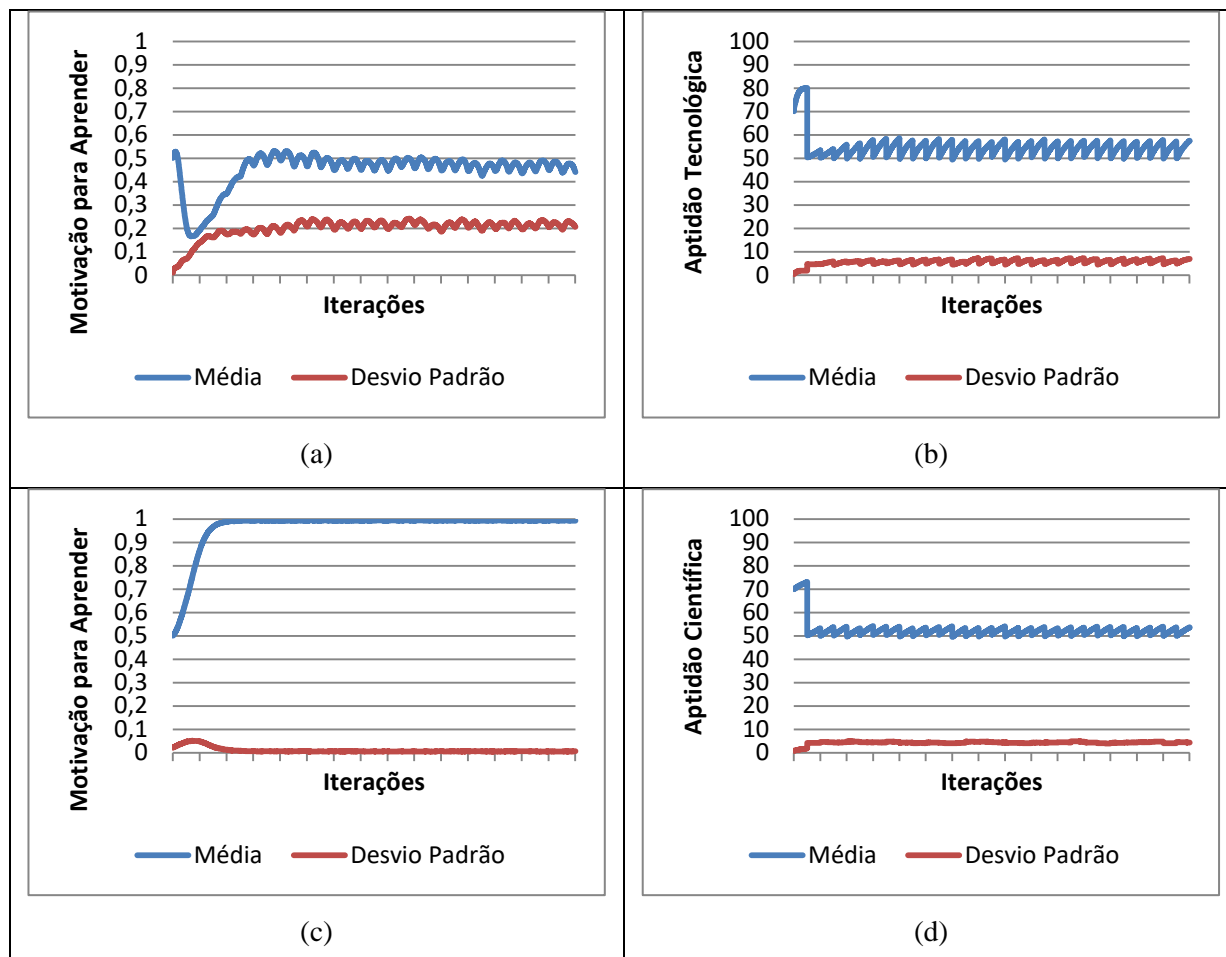


Figura 27 – Experimento 4 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores-difusores; (d) Aptidão científica – 7 geradores-difusores

Fonte: o autor

A inserção de cinco integradores no cenário dinâmico (Figura 27) novamente não alterou o desempenho dos geradores-difusores, sempre motivados e em constante interação, mas aumentou a média da motivação em aprender dos consumidores puros. Sua aptidão tecnológica chega a ser superior à aptidão científica dos geradores-difusores. Isto porque os consumidores puros não arriscam criando conhecimento novo que pode não ser alinhado à demanda do mercado, e ajustam seu nível de interações pelas variações na aptidão, e não pelo aprendizado. Além disto, os consumidores puros não interagem com emissores que sejam menos aptos do que eles próprios. Isto preserva sua aptidão e os ajuda a manter os elevados níveis.

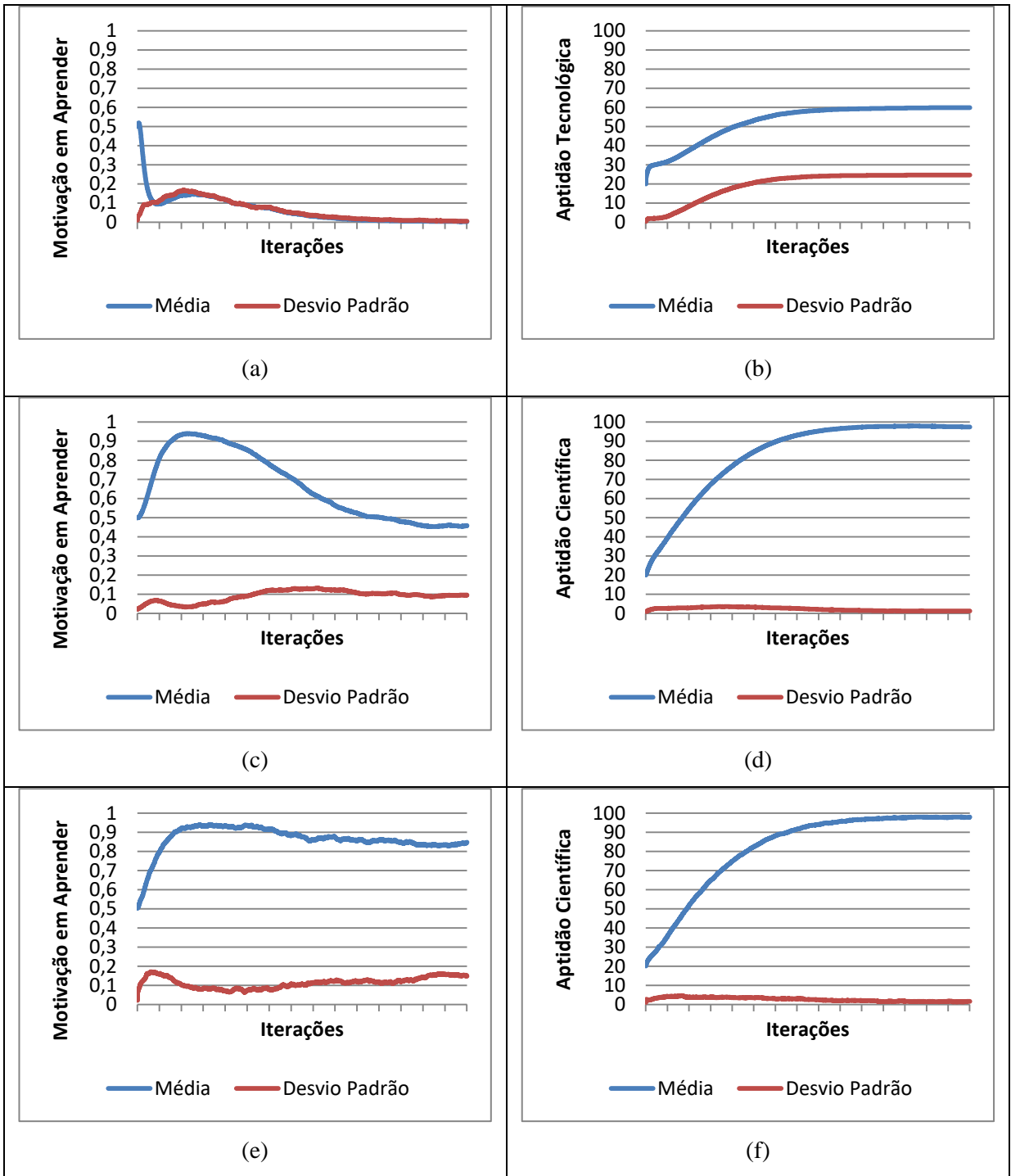
Neste experimento já se percebe a existência de um ecossistema de inovação nos cenários dinâmicos (Figura 26 e Figura 27). Embora os consumidores puros, neste experimento responsáveis por utilizar o novo conhecimento em inovações, estejam aplicando o conhecimento gerado também nos cenários estáticos (Figura 24 e Figura 25), sua motivação em aprender diminui sensivelmente nos cenários estáticos à medida que sua aptidão tecnológica aumenta e a tecnologia em uso no ecossistema atinge a maturidade em relação à demanda do ambiente, tornando-se a solução incumbente. Os consumidores puros passam então a evitar interações do conhecimento, posto que eles só interagem com entidades de aptidão igual ou superior à sua. Isto protegerá seu elevado ajuste à demanda e a aplicação de novo conhecimento irá se tornar mais rara, mesmo sob a atuação dos integradores. Nos cenários estáticos, portanto, não se tem um ecossistema de inovação porque as entidades tendem à estagnação no entorno da solução ótima.

Já nos cenários dinâmicos o mercado muda constantemente e os consumidores puros têm de aprender para compensar as perdas de aptidão e manter sua competitividade relativa. Não há aqui os elevados níveis de aptidão de um cenário estável para proteger. Neste cenário os consumidores puros se manterão perpetuamente motivados a aprender e sempre em interação com outros agentes detentores de conhecimento, especialmente na presença de integradores, caracterizando, portanto, um ecossistema de inovação.

5.4.5 Experimento 5

A população deste experimento é composta por 100 consumidores puros, 20 consumidores-geradores e 20 geradores puros.

Os consumidores-geradores neste cenário (Figura 28) são responsáveis principalmente por desenvolver conhecimento científico em tecnológico, aplicá-lo em inovações e difundi-lo entre os consumidores puros, já que são capazes de interagir diretamente com os geradores puros. No entanto, há poucos indivíduos executando esta importante tarefa, dado o fato de que estes estão expostos ao mercado e possuem uma elevada taxa de mortalidade ao início da simulação, assim como todos os outros consumidores. A população média de consumidores-geradores ao final das simulações é de 1,83 indivíduos, com desvio padrão de 1.14. Em 22 destas simulações não restou nenhum consumidor-gerador.



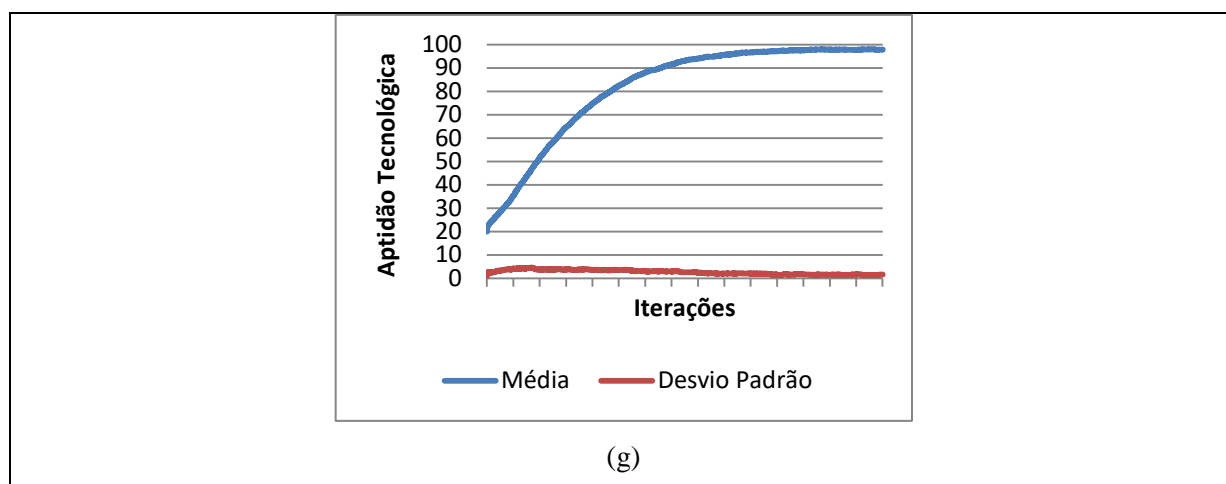
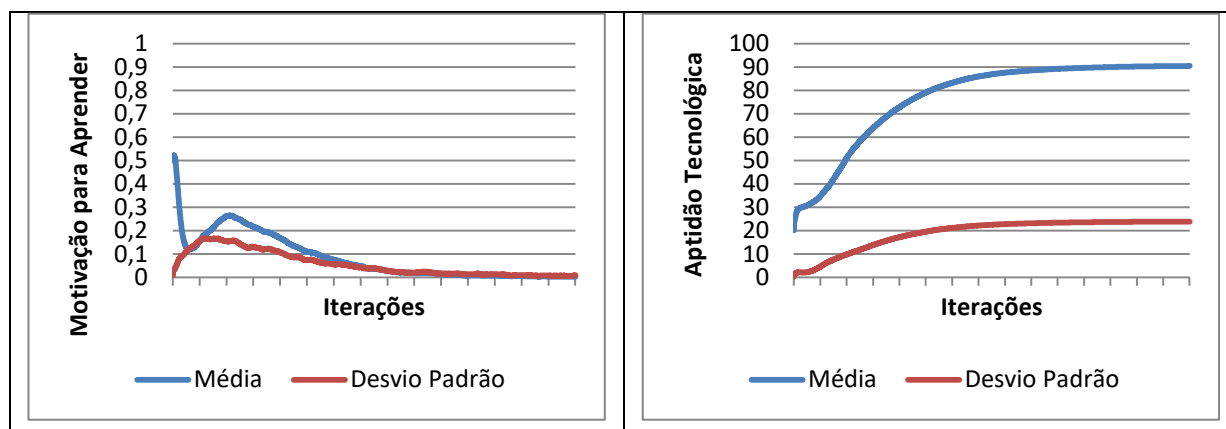


Figura 28 – Experimento 5 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores
Fonte: o autor

A introdução de cinco integradores no cenário estático (Figura 29) melhorou sensivelmente a aptidão final dos consumidores puros, estimulados a interagir mesmo quando sua motivação para aprender se encontrava em níveis muito baixos. A motivação continua baixa porque a maioria das interações não eleva a aptidão dos consumidores puros, especialmente quando sua aptidão se torna bastante elevada. Já no que tange aos geradores puros e consumidores-geradores, embora sua aptidão tenha melhorado discretamente sua motivação para aprender sofreu uma diminuição, dado o aumento da ocorrência de interações com indivíduos com aptidão mais baixa ou sem diferenças no conhecimento. Isto ocorreu porque os integradores elevaram a frequência das interações fazendo com que esta ocorresse antes que novo conhecimento em quantidade fosse gerado, levando os indivíduos a ajustarem sua motivação para aprender para compensar a ação dos integradores.



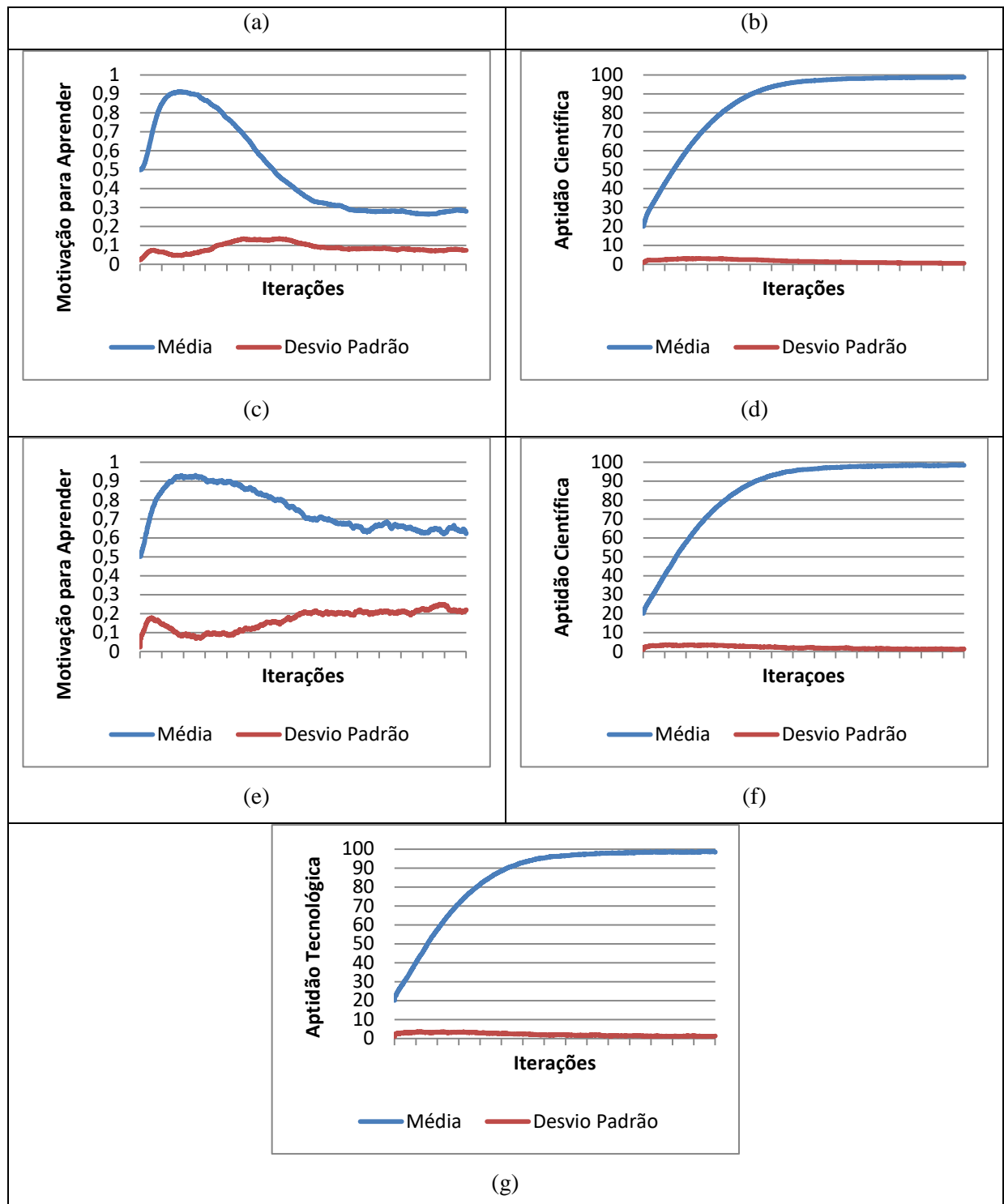
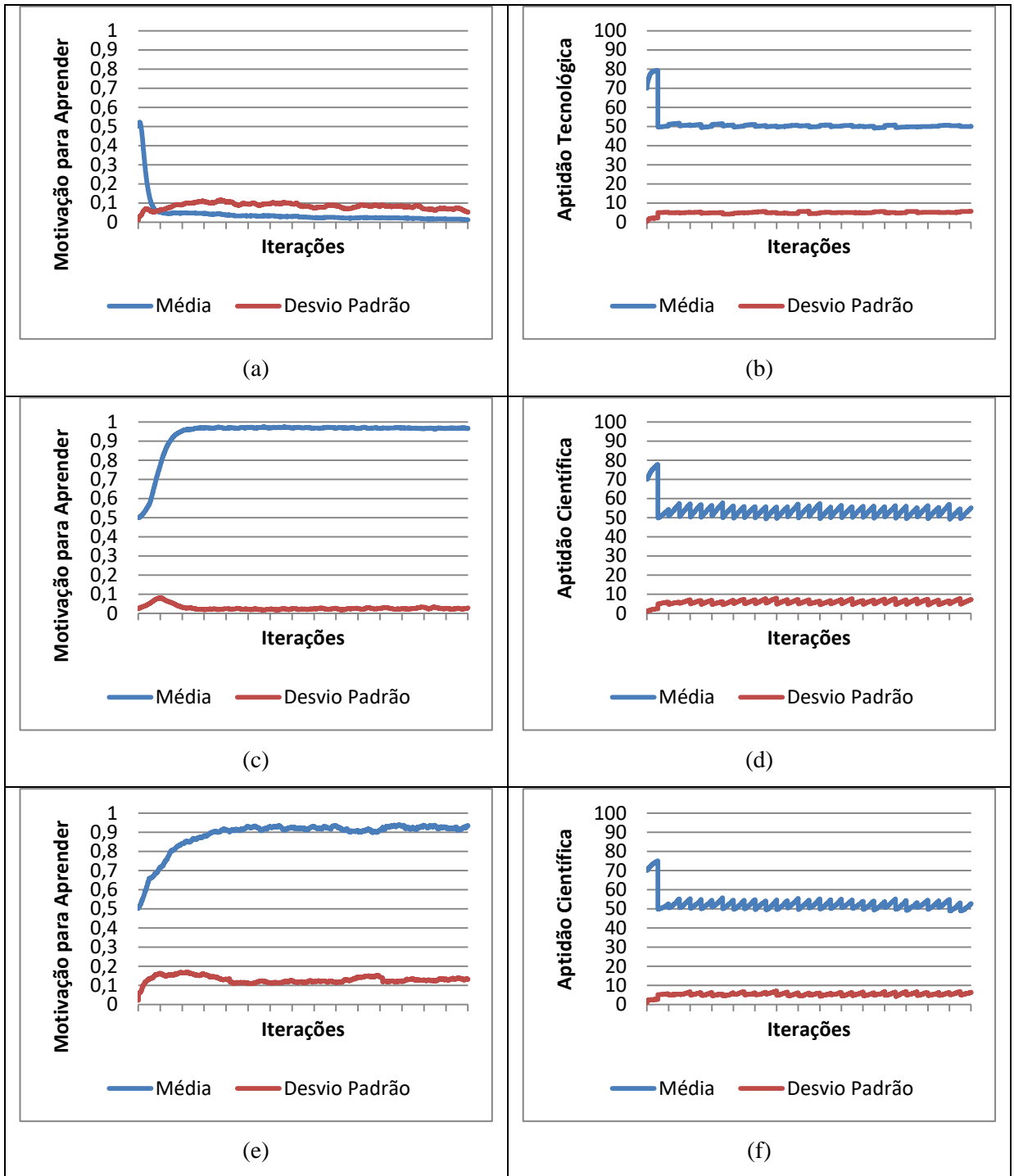


Figura 29 – Experimento 5 – ambiente estático com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores

Fonte: o autor



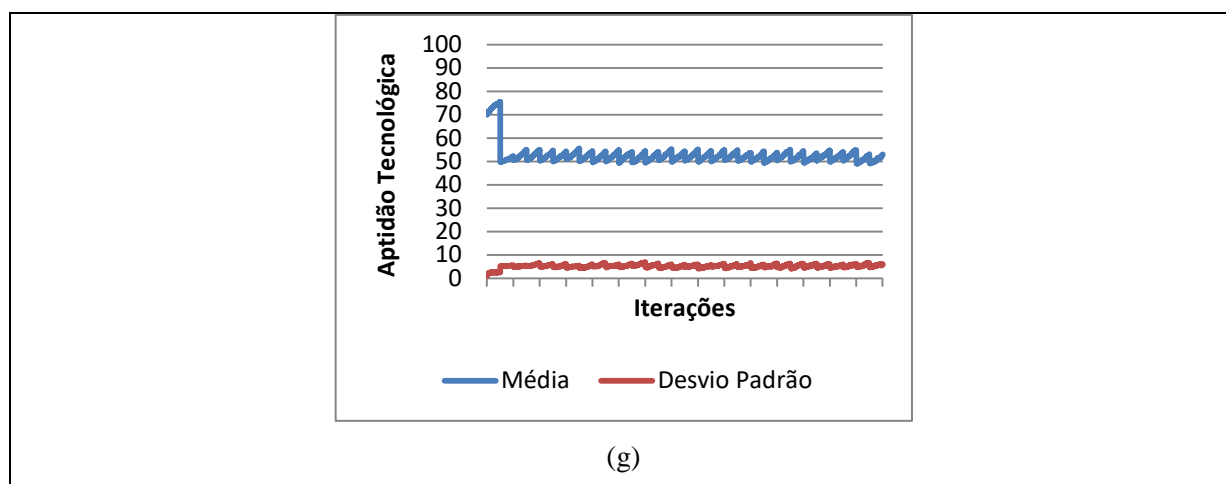
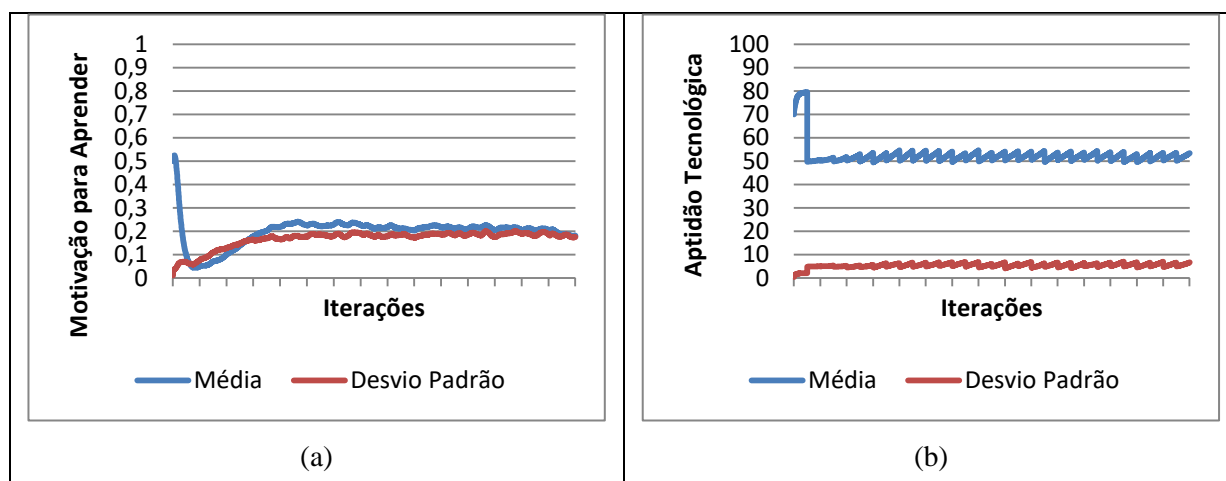


Figura 30 – Experimento 5 – ambiente dinâmico sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores

Fonte: o autor

Em um cenário dinâmico e sem integradores (Figura 30), embora a motivação em aprender dos consumidores puros tenha sofrido uma discreta melhora, sua capacidade de melhorar sua aptidão após as mudanças do ambiente é baixa. O tempo sem fontes de novo conhecimento tecnológico ao início das simulações faz com que a motivação em aprender dos consumidores puros caia a baixos níveis, que por sua vez faz quase cessar o fluxo de conhecimento entre os consumidores puros mesmo com o mercado dinâmico. Quando o conhecimento se torna disponível os consumidores puros já não estão interagindo com outras entidades. Já a motivação de geradores puros e consumidores-geradores melhorou sensivelmente, e estas entidades se mostram capazes de melhorar sua aptidão após as mudanças do ambiente, exibindo em seus gráficos de aptidão o padrão de serrote.



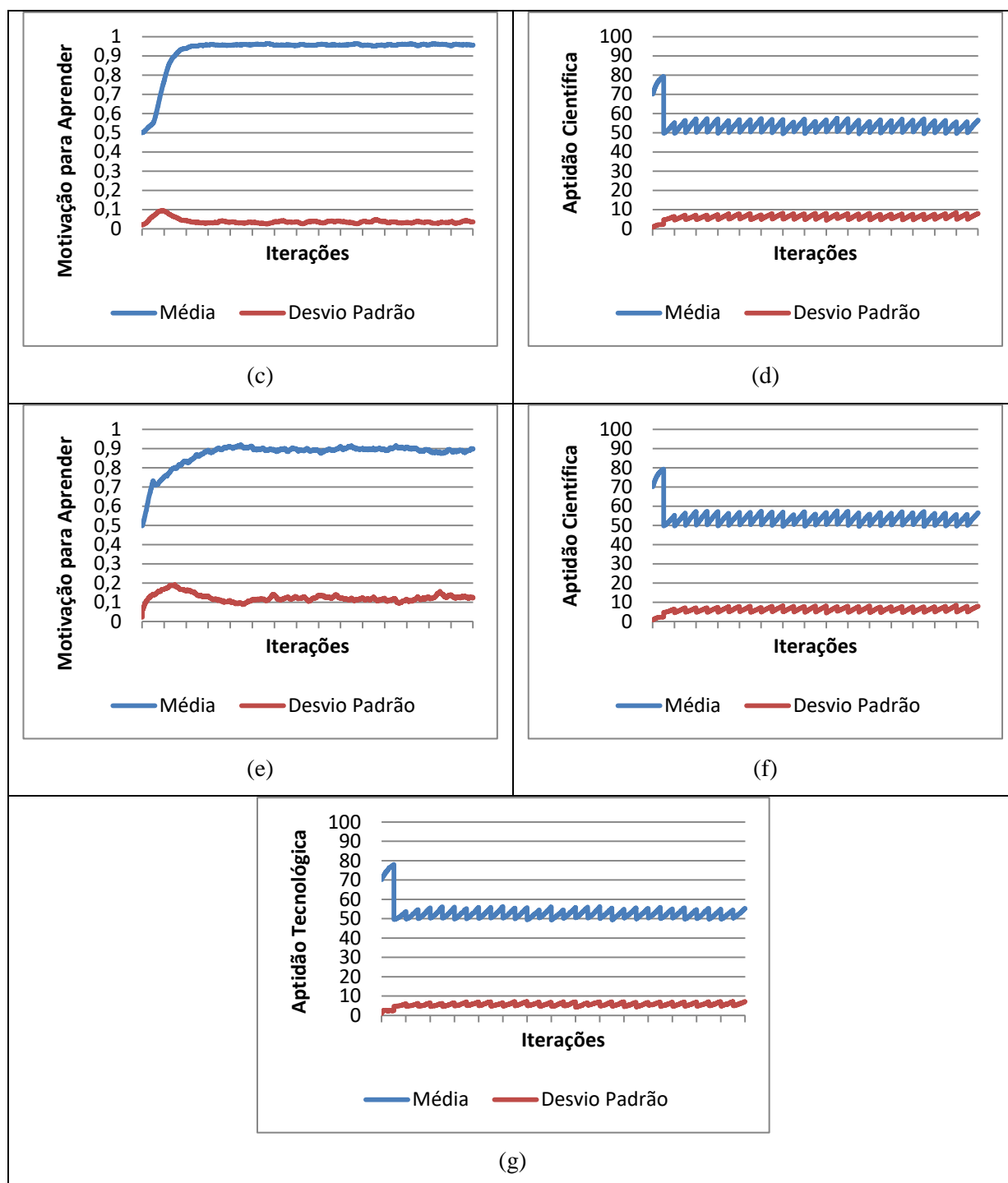


Figura 31 – Experimento 5 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender geradores puros; (d) Aptidão científica – geradores puros; (e) Motivação para aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores-geradores

Fonte: o autor

A inserção de cinco integradores no cenário dinâmico (Figura 31) deste experimento melhorou a motivação em aprender dos consumidores puros assim como sua capacidade de melhorar sua aptidão após a ocorrência de mudanças no ambiente. Teve pouco efeito, no

entanto, no desempenho e na motivação em aprender dos geradores puros e geradores-consumidores, que já eram bastante motivados no cenário dinâmico mesmo sem a presença de integradores.

Neste experimento percebe-se a existência de um ecossistema de inovação no cenário da Figura 31, embora seu desempenho não seja estelar e haja um perceptível atraso entre a geração de conhecimento e sua aplicação pelas entidades consumidoras embora haja demanda pelo mesmo. Nos outros cenários (Figura 28, Figura 29 e Figura 30) não existe um ecossistema de inovação por conta da estabilidade do mercado nos dois cenários estáticos, que faz com que a aplicação de novo conhecimento cesse após se obter uma elevada aptidão à demanda do ambiente e; por conta da falta de interação entre os consumidores puros no cenário dinâmico sem integradores. Esta falta de interação ocorre por conta do atraso entre a criação de conhecimento científico e o seu compartilhamento já como conhecimento tecnológico, causado pelo baixo número de agentes dedicados ao papel de desenvolver o conhecimento científico em conhecimento tecnológico ao final das simulações.

5.4.6 Experimento 6

A população deste experimento é composta por 100 consumidores puros, 20 geradores puros e 20 difusores.

Neste cenário (Figura 32) pode-se perceber um ótimo desempenho dos consumidores puros em se manterem atualizados com a geração de novo conhecimento por parte dos geradores puros. Este cenário estático sem integradores apresentou o melhor desempenho entre seus semelhantes até o momento, superando por uma grande margem os anteriores (Figura 18, Figura 20, Figura 24, e Figura 28). Isto porque há um bom número de difusores com conhecimento científico e tecnológico dedicados a transformar e difundir conhecimento, tanto entre os geradores puros como entre os consumidores puros. Tanto os geradores quanto os difusores estão blindados do mercado, e portanto permanecem ativos durante toda a simulação gerando, transformando e difundindo novo conhecimento.

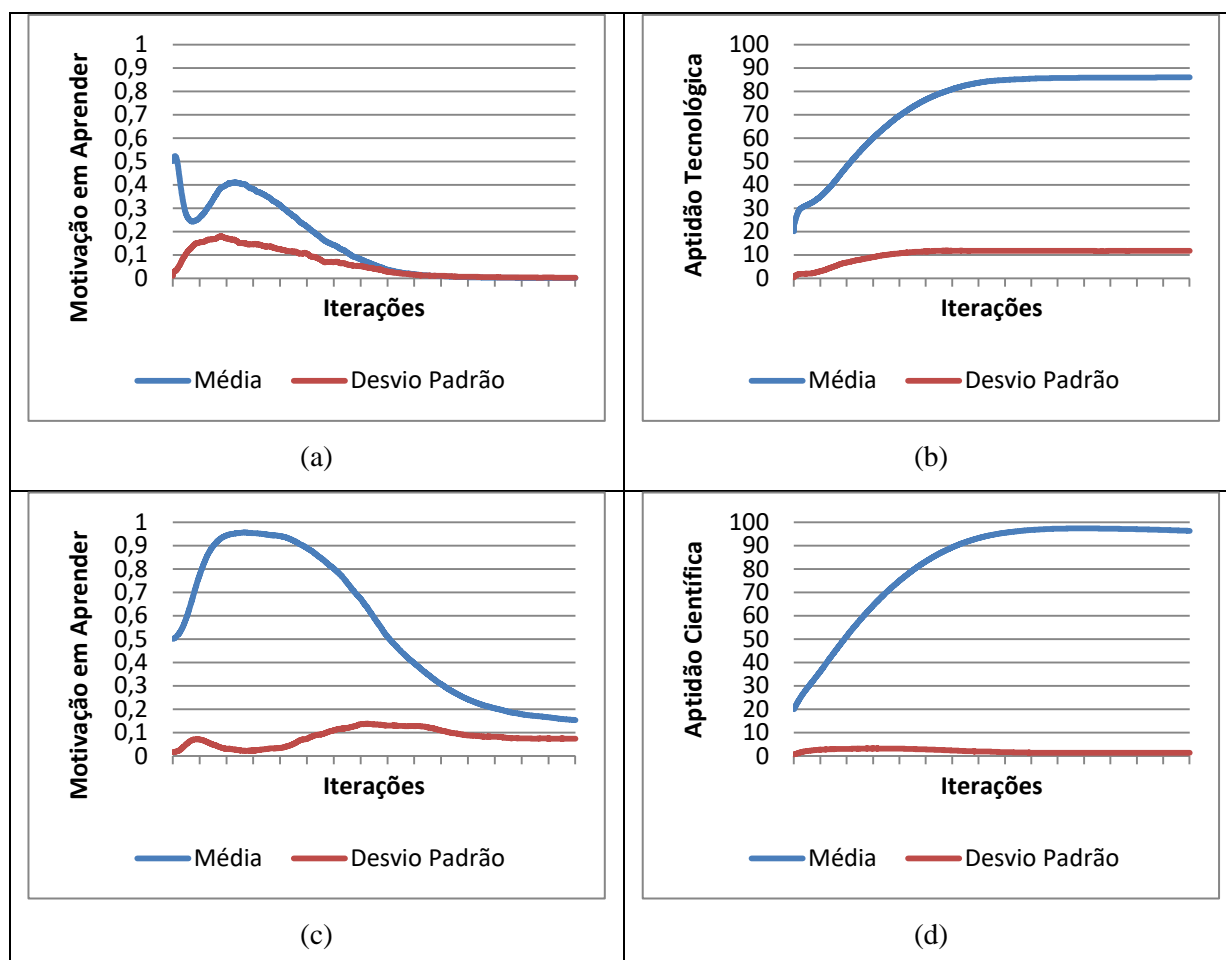


Figura 32 – Experimento 6 – ambiente estático sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores

Fonte: o autor

Apesar de uma queda na motivação em aprender dos consumidores puros logo após o início da simulação, a motivação média destas entidades sofreu um forte aumento quando o novo conhecimento científico passou a ser transformado em boa quantidade em conhecimento tecnológico pelos difusores. No entanto, a motivação voltou a cair quando a aptidão tecnológica dos consumidores puros alcançou níveis elevados. Isto ocorre porque quando a aptidão é elevada a adoção de novo conhecimento pode tornar a entidade menos alinhada ao mercado, e com isto diminuir sua aptidão. Os agentes consumidores, que avaliam as interações através das mudanças em sua própria aptidão, passam então a evitar as interações de aprendizado. Portanto, apesar do bom desempenho do ambiente e suas entidades em gerar, transformar e difundir conhecimento, o cenário não é capaz de sustentar indefinidamente elevados níveis de fluxo de conhecimento e inovação por conta da estabilidade do demanda do ambiente.

O mesmo ocorre com difusores e geradores, apesar de sua motivação não se reduzir aos baixos níveis dos consumidores puros, dado o fato de que estes avaliam suas interações por aprendizado, e sempre há algum novo conhecimento a absorver dos geradores puros mesmo depois que o conhecimento já é razoavelmente homogêneo.

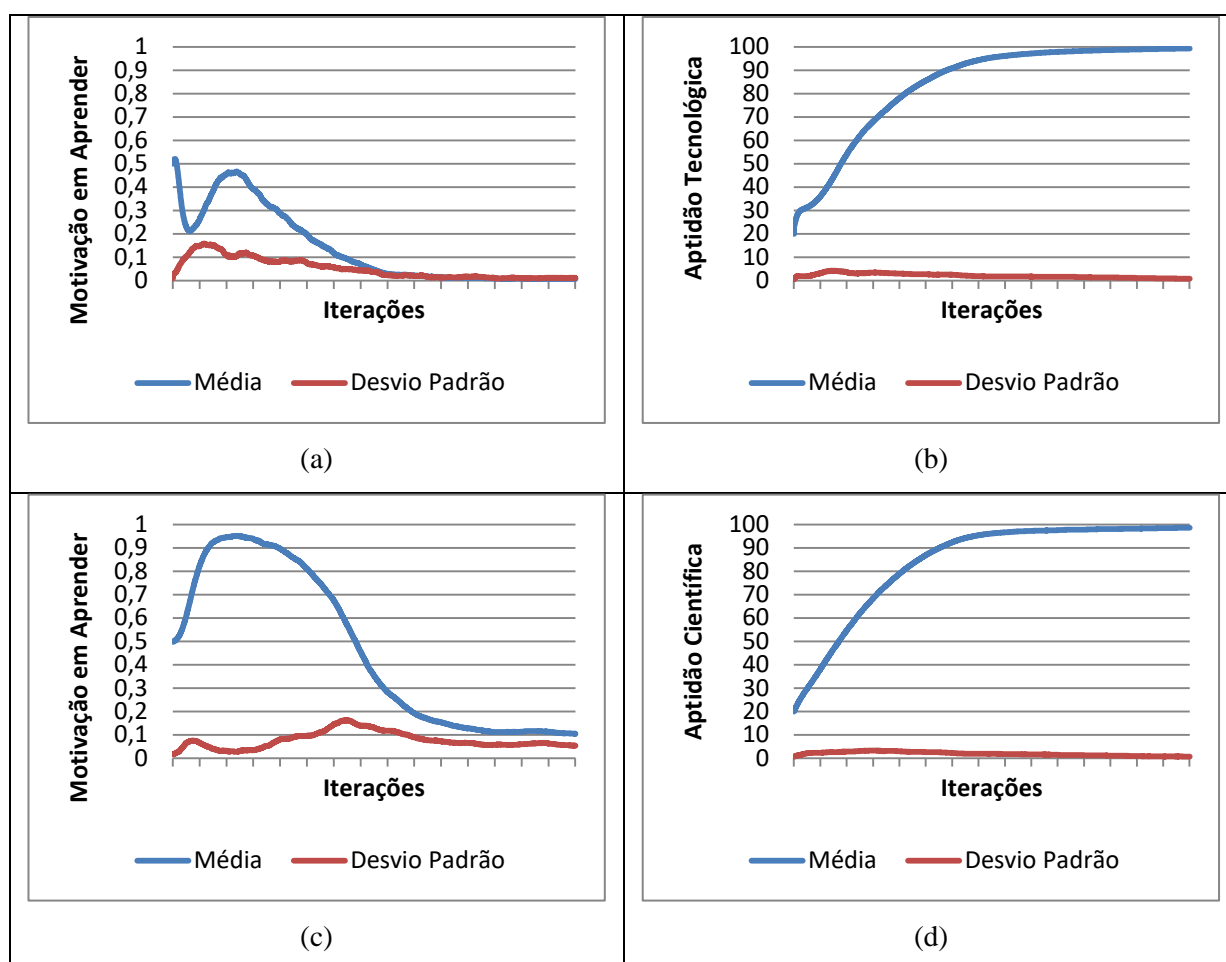


Figura 33 – Experimento 6 – ambiente estático com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores

Fonte: o autor

Com a inserção de cinco integradores neste cenário (Figura 33) percebe-se poucas diferenças. A aptidão científica dos geradores e difusores, assim como a aptidão tecnológica dos consumidores puros sofre uma melhora, mas a motivação em aprender volta a cair. Embora capazes de gerar, transformar e aplicar novo conhecimento as entidades deste cenário não o fazem de maneira continuada, dada a elevada estabilidade da demanda do mercado. Os integradores mantêm os agentes interagindo, mas estas interações trazem poucos resultados capazes de elevar o ajuste ao mercado ou aprendizado, o que faz com que a motivação em aprender das entidades decresça para compensar a ação dos integradores.

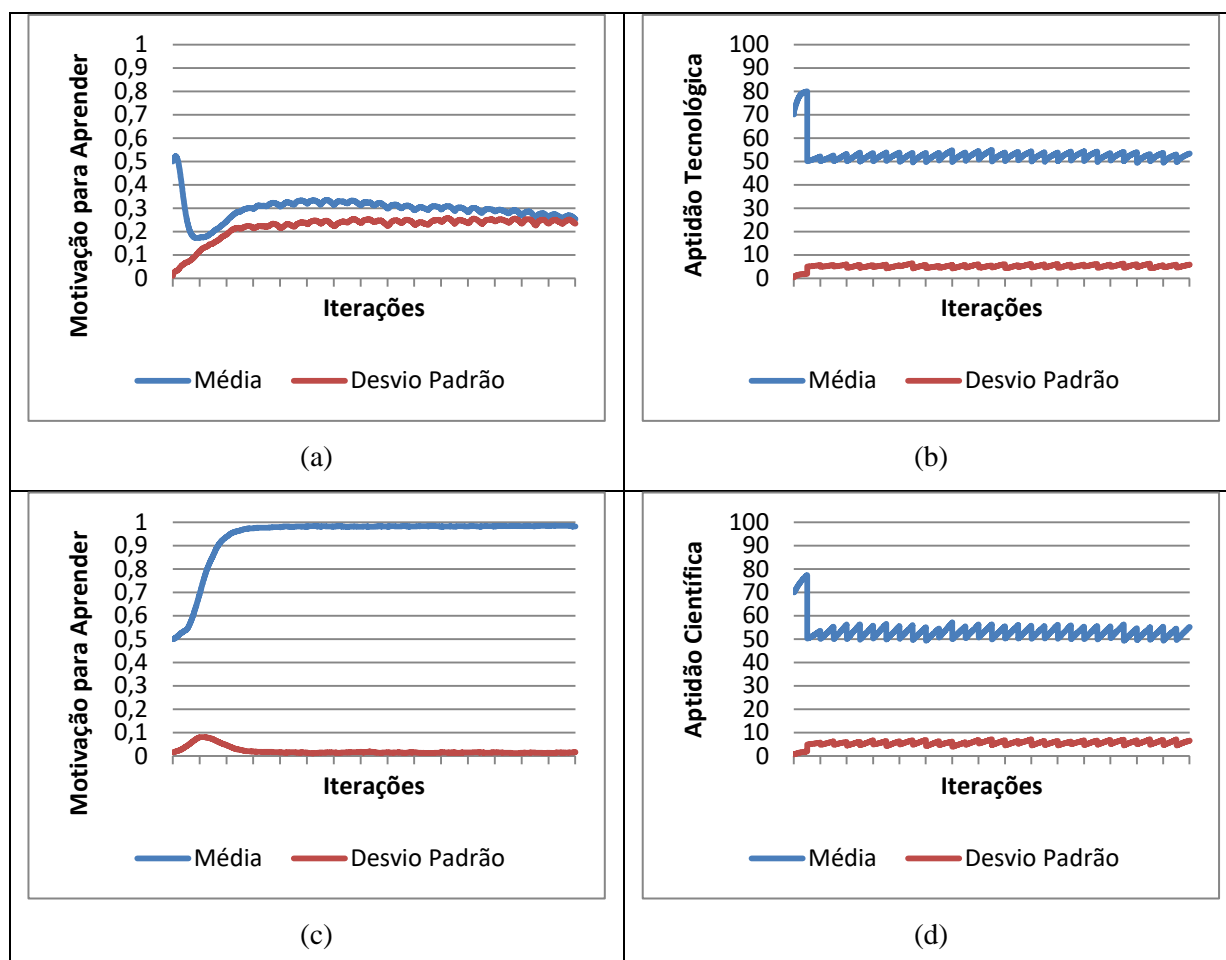


Figura 34 – Experimento 6 – ambiente dinâmico sem integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores

Fonte: o autor

No cenário dinâmico sem integradores da Figura 34 percebe-se uma mudança no comportamento dos agentes. Os consumidores puros mantêm-se razoavelmente motivados a aprender, ao passo que os geradores puros e difusores tornam-se muito motivados a aprender. Sua aptidão cresce nos intervalos entre as mudanças na demanda do ambiente, exibindo o padrão serrote.

Com a inserção de cinco integradores no cenário dinâmico (Figura 35) percebe-se uma melhora na motivação em aprender e na aptidão tecnológica dos consumidores puros. Já o desempenho dos geradores puros e dos difusores se mantém inalterado, com elevada motivação em aprender e boa reação às mudanças no ambiente. Percebe-se, portanto, nos cenários da Figura 34 e da Figura 35 a existência de um ecossistema de inovação.

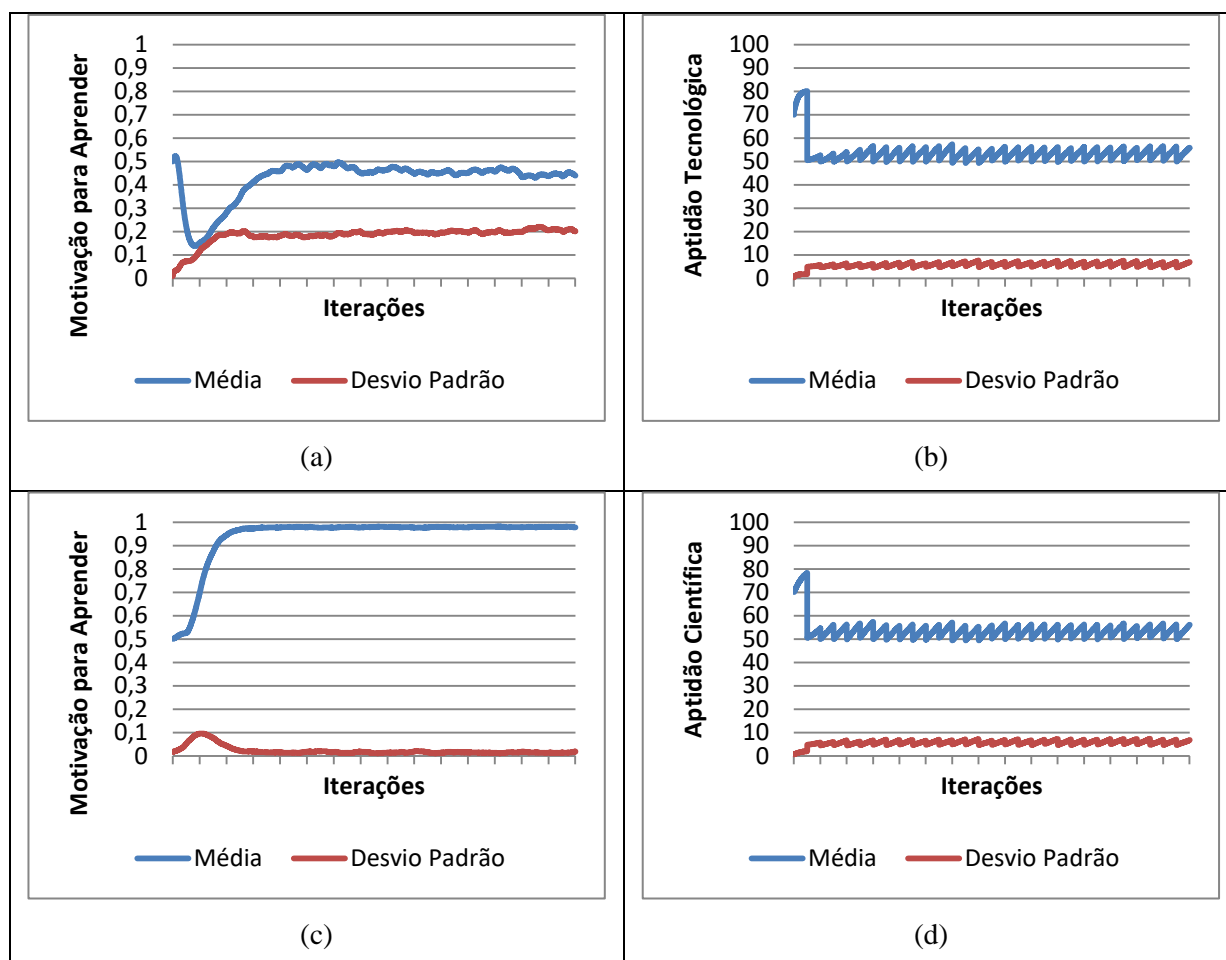
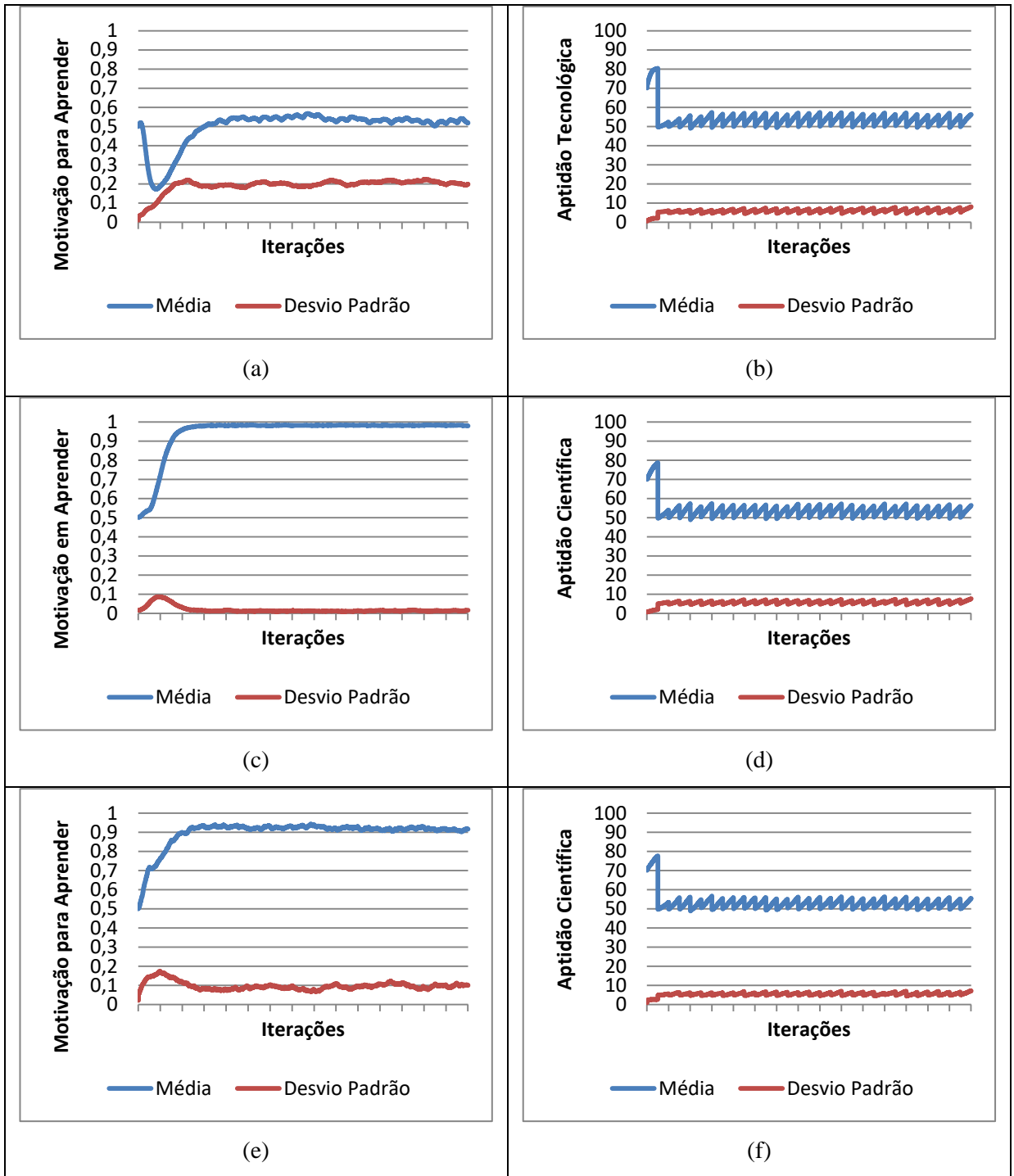


Figura 35 – Experimento 6 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores

Fonte: o autor

5.4.7 Experimento 7

A população deste experimento é composta por 100 consumidores puros, 20 consumidores-geradores, 20 geradores puros e 20 difusores. Este cenário foi montado apenas para verificar se, uma vez que todos os papéis estão sendo desempenhados por uma razoável quantidade de agentes e há percepção da existência de um ecossistema de inovação, a inserção de outro tipo de entidade que pode assumir parte destes papéis terá efeito no desempenho do ecossistema. Seus resultados, portanto, destinam-se a ser comparados com os resultados dos cenários que exibiram ecossistemas de inovação.



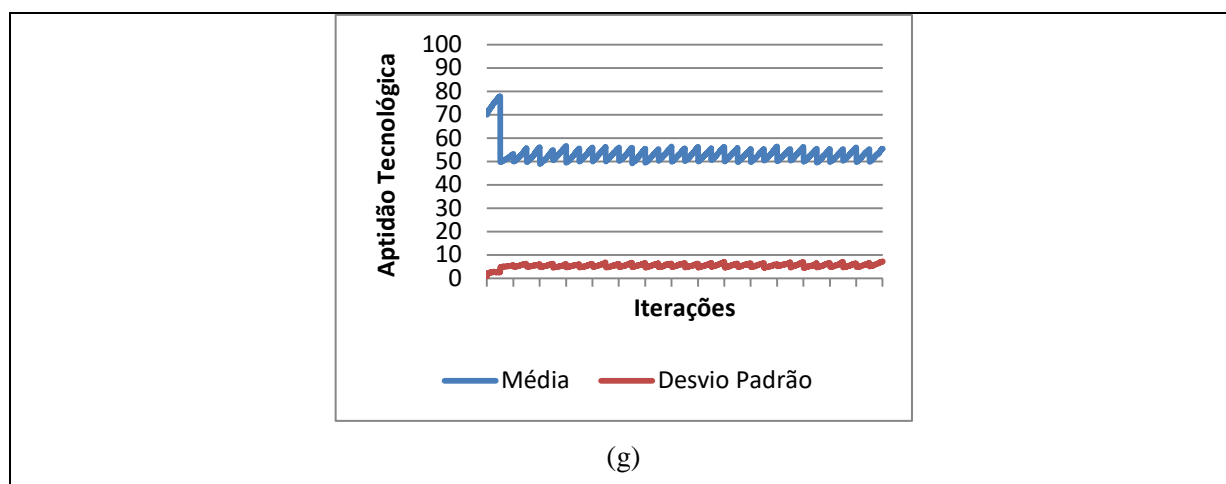


Figura 36 – Experimento 7 – ambiente dinâmico com integradores – (a) Motivação para aprender – consumidores puros; (b) Aptidão tecnológica – consumidores puros; (c) Motivação para aprender – geradores puros e difusores; (d) Aptidão científica – geradores puros e difusores; (e) Motivação em aprender – consumidores-geradores; (f) Aptidão científica – consumidores-geradores; (g) Aptidão tecnológica – consumidores geradores

Fonte: o autor

Pode-se observar na Figura 36 que pouca coisa mudou nos consumidores puros em relação ao cenário apresentado na Figura 35. Eles se mantêm medianamente motivados a aprender, e seu desempenho frente às mudanças do ambiente é bom, exibindo o padrão serrote. O mesmo ocorre com os geradores puros e difusores. No entanto a motivação em aprender dos consumidores-geradores, que avaliam suas interações da mesma maneira que consumidores puros, é bem mais elevada do que a dos consumidores puros aproximando-se da motivação observada em geradores puros e difusores. Isto porque estes agentes têm acesso ao conhecimento científico sem precisar esperar pela sua transmissão aos difusores e sua consequente transformação em conhecimento tecnológico. Desta forma há mais agentes com diferenças de conhecimento para interagir e oportunidades de se elevar o nível de aptidão e, portanto, maiores chances de interações frutíferas.

Possuir vários tipos de entidades executando as mesmas atividades do conhecimento podem não elevar o desempenho inovativo além de certo ponto, mas confere redundância ao ecossistema. Além de apresentar bom desempenho inovativo, sendo capaz de manter de maneira continuada grande número de interações do conhecimento e a aplicação de novo conhecimento por parte dos consumidores, o ecossistema agora possui maior resiliência ao possível desaparecimento dos consumidores geradores dados os riscos que estes enfrentam em relação ao mercado.

5.5 Síntese do Capítulo

Neste capítulo apresentou-se o instanciamento do modelo conceitual em um modelo computacional capaz de reproduzir diversos cenários para o estudo de ecossistemas de inovação baseados em fluxos de conhecimento. Como ambiente de modelagem, optou-se pela plataforma **NetLogo 6.0.2**. Apresentou-se então as premissas utilizadas para a elaboração do modelo computacional segundo a metodologia de modelagem apresentada na seção 3.2, seguidas da apresentação do modelo em si, com a descrição dos mecanismos e interface implementados.

Em seguida caracterizou-se os cenários instanciados no modelo para a realização dos experimentos necessários a esta tese. Nesta etapa utilizou-se a ferramenta *Behaviorspace* para a execução dos experimentos, para que cada cenário fosse simulado várias vezes com os mesmos parâmetros. Os resultados das simulações foram então exportados para arquivos *.csv* que foram tratados no **Microsoft Excel 2007 SP1**. Os gráficos resultantes foram finalmente apresentados, juntamente com a discussão destes resultados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentou-se neste trabalho um modelo de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento. Frequentemente mencionados em textos sobre sistemas de inovação e difusão tecnológica, existem ainda poucos trabalhos a respeito de como estes fluxos ocorrem, quais são os tipos principais de conhecimento que devem fluir, que transformações devem sofrer e quais são os papéis que devem ser desempenhados pelas entidades do ecossistema para que existam fluxos de conhecimento que levem à inovação tecnológica de maneira continuada. É nesta lacuna que se insere a contribuição deste trabalho.

Para a melhor compreensão do modelo proposto, é importante antes entender brevemente o que são inovações e ecossistemas de inovação. Pode-se entender como inovação a implementação de um produto (bem ou serviço), processo ou método (organizacional ou de marketing) de maneira confiável, em uma escala significativa e a custos praticáveis. Isto é feito por quem efetivamente disponibiliza estes produtos e serviços ao consumidor/usuário, e/ou utiliza estes processos e métodos em sua atividade fim.

Já os ecossistemas de inovação podem ser entendidos como um conjunto complexo de entidades interdependentes, inter-relacionadas, conectadas por fluxos materiais, financeiros, de pessoas e de conhecimento, com elevado desempenho em criar novo conhecimento, transformá-lo, difundi-lo e aplicá-lo na forma de inovações de maneira continuada. Como tal, podem ser observados em grandes organizações, em regiões, em indústrias, ou na cadeia de valor no entorno de um produto. Podem ser estudados de muitos pontos de vista e cortes espaciais, de maneira que o ponto de vista de análise ajudará a delimitar os componentes e as fronteiras do ecossistema, ainda que estas delimitações sejam fluidas e dinâmicas.

Um ambiente com estas características, embora não seja de fácil criação, pode ocorrer de variadas formas, não havendo uma receita única para sua composição e funcionamento. Na verdade, elementos que funcionam muito bem em uma indústria ou região podem fracassar em outro cenário. Tal complexidade clama por modelos que simplifiquem a análise trazendo o foco para os elementos essenciais ao entendimento, ainda que para a compreensão total da realidade o uso de vários modelos com diferentes pontos de vista sejam necessários.

O modelo proposto contém três tipos de elementos genéricos, nomeadamente as Entidades, as Relações e o Conhecimento, que flui entre as entidades através das relações estabelecidas. Estes elementos estão imersos em um contexto fornecido pelos Elementos de Sustentação do Ambiente, que podem favorecer ou inibir os fluxos de conhecimento.

No modelo proposto, as entidades são organizações que desempenham papéis em relação ao conhecimento que flui no ecossistema. São estes:

- Geração de conhecimento: criação de novo conhecimento científico;
- Consumo de conhecimento: aplicação de conhecimento tecnológico;
- Difusão de conhecimento: absorção, processamento e transmissão de conhecimento científico e/ou tecnológico sem contudo criar novo conhecimento ou consumi-lo;
- Integração: conectar organizações detentoras de conhecimento para que estas possam interagir. Para tanto, um integrador forma relações, valida credenciais e estabelece ambientes de confiança.

Pode-se citar também o importante papel da transformação de conhecimento científico em tecnológico, que está implícito à atuação das entidades em alguns destes papéis, como por exemplo ao papel de gerador-difusor, e ao papel de gerador-consumidor de conhecimento, que para executar bem seus papéis necessariamente precisam transformar conhecimento científico em conhecimento tecnológico.

As entidades também podem ser caracterizadas pela sua motivação em aprender, sua disposição em compartilhar, seu desempenho na geração de conhecimento, seu desempenho no desenvolvimento do conhecimento, e são capazes de aprender com o tempo, modificando estas características. No entanto por representar o comportamento de uma organização estes parâmetros têm a ver com a probabilidade de que estas organizações venham a se engajar de maneira bem sucedida em atividades do conhecimento, e portanto levam em consideração sua capacidade de absorção, sua percepção de custo benefício de empregar recursos nestas atividades, sua cultura organizacional, as “as regras do jogo” no ecossistema em estudo, dentre outros fatores que podem mudar de importância de ecossistema para ecossistema, e até mesmo com o tempo.

Em função destes papéis, apenas as entidades detentoras de conhecimento útil ao ecossistema em estudo e aquelas que as conectam farão parte da análise de um ecossistema de inovação segundo este modelo. Este conhecimento pode ser classificado em:

- Útil: ligado às atividades, produtos, serviços e processos (incluindo os organizacionais) do ecossistema em estudo. Esta distinção ajudará a definir que entidades potencialmente farão parte do ecossistema;
- Tácito: conhecimento não externalizado que para ser transferido exige um maior grau de interação entre entidades. A predominância deste tipo de conhecimento o fluxo mais

dependente de interações interpessoais, e portanto mais sensível às distâncias geográfica e relacional;

- Explícito: conhecimento externalizado contido em textos, software, *websites*, vídeos e outros que podem ser transmitidos mesmo sem contato entre as entidades. A predominância deste tipo de conhecimento o fluxo do conhecimento mais impessoal e até atemporal, onde a emissão e a recepção do conhecimento não ocorrem ao mesmo tempo;

- Científico: que se presta à compreensão da realidade. Não possui valor econômico, mas sim valor cultural. Frequentemente dividido em básico e aplicado, pode também ser aplicado à compreensão de problemas de possível interesse social, mas necessita de desenvolvimento antes que possa ser efetivamente aplicado a produtos e serviços. Neste modelo está associado às atividades desempenhadas pelos geradores de conhecimento, pelos desenvolvedores de conhecimento, e pode estar associada às atividades dos difusores de conhecimento;

- Tecnológico: aquele utilizado para alterar a natureza ou a sociedade, através da produção de artefatos úteis, da elaboração de projetos e da organização de esforços. Frequentemente orientado ao mercado e comercializável, cerne das operações de organizações de projeto, engenharia e de produção, ou seja, aqueles que introduzem inovações de produto, serviço ou processo. Inclui os conhecimentos necessários ao projeto, ao planejamento e à produção de produtos e serviços, assim como os conhecimentos necessários para a organização das atividades necessárias ao seu uso eficaz. As indústrias modernas têm sua tecnologia frequentemente baseada em descobertas científicas prévias, e muitas vezes é limitada pelo alcance da ciência atual. Neste modelo, este tipo de conhecimento está associado com as atividades dos consumidores de conhecimento, dos desenvolvedores de conhecimento e pode estar associado com as atividades dos difusores de conhecimento.

O conhecimento está contido nas entidades que compõem o ecossistema, e fluem quando estas se relacionam para interagir. Interferem na formação destas relações e no fluxo resultante fatores como o nível de confiança entre as partes e a distância geográfica e relacional, especialmente se o conhecimento for de natureza tácita. O grau do impacto destes fatores no fluxo depende do nível de sofisticação das entidades e dos elementos de sustentação do ecossistema. A maneira como a noção de confiança é formada nas entidades pode ser incipiente ou bastante complexa. Neste trabalho foi utilizada a percepção da aptidão de uma entidade, que pode ser percebido pelo seu *marketshare*, assim como seus recursos

acumulados como uma medida indireta de seu sucesso passado, sofisticação, capacidade organizacional e de se engajar em atividades do conhecimento com sucesso.

O ambiente onde estas entidades estão imersas também faz parte do ecossistema, como parte dos Elementos de Sustentação. A compreensão de como elementos como a infraestrutura, a cultura, a história, a demanda do mercado, as regras implícitas de negociação, a noção de visão compartilhada existente entre as entidades, o nível de capital social, a qualidade do mercado de trabalho, as Leis e sua aplicação, e a apropriabilidade que se tem sobre o conhecimento agem sobre o ecossistema, é importante para a definição dos mecanismos do mesmo, assim como para inferir as heurísticas pelas quais as entidades avaliarão os resultados de suas atividades para modificar seu próprio comportamento.

Para a prova conceitual do modelo um modelo computacional baseado em agentes foi criado. Este tipo de modelo possui grandes vantagens para o estudo de sistemas sociais complexos adaptativos como um ecossistema de inovação, como a replicabilidade, a possibilidade da realização de experimentos sem causar danos ao objeto de estudo, a possibilidade de executar vários experimentos com o mesmo conjunto de entidades sem que um experimento interfira no resultado do outro, além de demandar tempo e recursos consideravelmente menores do que os necessários a experimentos em campo. O tipo de modelo implementado representa o mundo do ponto de vista dos agentes utilizando uma estrutura de modelagem computacional que utiliza primariamente o paradigma de programação a eventos discretos para simular processos dinâmicos. Em suas simulações as entidades agem por conta própria, sem regulação externa, em resposta a situações que estas podem encontrar durante uma simulação. São particularmente interessantes para a modelagem de sistemas complexos por sua capacidade de capturar comportamentos emergentes.

Flexível, o modelo instanciado permite a simulação de diversos cenários, dentre os quais foi selecionado um conjunto destinado a avaliar o comportamento dos agentes em situações estáticas e dinâmicas, com diferentes populações de agentes engajados nos papéis referentes ao conhecimento, capazes de adaptar sua motivação em aprender de acordo com suas experiências ao longo das simulações. Foi observado como evoluem a aptidão e a motivação em aprender dos agentes nestes cenários para então determinar se o conjunto de agentes, naquelas condições, formaria um ecossistema de inovação.

6.1 Conclusões

Este trabalho propõe um modelo conceitual de ecossistemas de inovação baseados em fluxos de conhecimento que contempla os tipos relevantes de conhecimento, o fluxo entre os atores de um ecossistema, e destaca elementos importantes do ambiente onde estes elementos estão inseridos.

São identificados os papéis essenciais a serem executados pelos agentes em um ecossistema de inovação do ponto de vista do fluxo de conhecimento e, demonstra-se que mais de uma combinação destes papéis é capaz de manter os necessários fluxos, considerando-se que o ambiente e as entidades tenham características favoráveis à ocorrência dos mesmos. Dentre estas características é importante citar a estabilidade da demanda do ambiente, os mecanismos particulares ao ecossistema e as heurísticas utilizadas pelas entidades para a atualização de suas variáveis comportamentais.

De se referir ainda que este modelo pode ser utilizado como um *framework* para o estudo de ecossistemas de inovação realizados *in loco* ou através de simulações. Pode ser aplicado a regiões, indústrias assim como a grandes organizações. Para tanto, são necessários ajustes na granularidade do modelo, para que as entidades reflitam o comportamento de organizações ou indivíduos e; nos mecanismos de seleção, remuneração e adaptação do modelo, que mudam de ecossistema para ecossistema assim como de organização para organização.

Em relação aos modelos de ecossistemas de inovação adiciona-se a perspectiva do ponto de vista dos fluxos de conhecimento, com a atribuição de papéis que não tem a ver com a atuação das entidades componentes como governo, indústria, academia ou sociedade, ou como líderes, fornecedores, consumidores ou outros (CARAYANNIS; CAMPBELL, 2009; ETZKOWITZ; LEYDESDORFF, 2000), mas sim com a atuação da entidade na geração, transformação, difusão e aplicação de conhecimento.

O conhecimento relevante inclui não apenas o conhecimento relativo aos domínios tecnológicos empregados no ecossistema em estudo, mas também as sócio-tecnologias necessárias para organizar os esforços para sua produção, sua cadeia de valor, logística, seu modelo de negócios e outros que compõem o “genoma” de uma organização e caracterizam sua solução para sobreviver no ambiente. O conhecimento serve também para delimitar a fluida fronteira do ecossistema, determinando quais são as entidades com potencial para fazer parte do ecossistema.

Agrega-se aos modelos de fluxo de conhecimento consultados (e.g. HUANG; WEI; CHANG, 2007; LABIAK JR., 2012) os fluxos de conhecimento involuntários, os

“transbordamentos” de conhecimento e a noção de confiança entre as entidades na concepção de Msanjila (2009) como determinante para o estabelecimento de um fluxo.

No que tange às hipóteses norteadoras desta tese, pode-se afirmar:

1. As entidades em um ecossistema de inovação são independentes, autônomas e fortemente inter-relacionadas pela troca de conhecimento entre elas.

Por conta desta hipótese optou-se por entender um ecossistema como um Sistema Adaptativo Complexo (SCA) e por utilizar Modelos Baseados em Agentes (MBA) para sua simulação. Em SCAs os elementos são conectados por múltiplas alças de *feedback* e são capazes de adaptar seu comportamento com o tempo, resultando em comportamentos não lineares que levam a fenômenos emergentes. Descrevem bem sistemas sociais, como é o caso de um ecossistema de inovação. Já os MBAs permitem a elaboração de modelos do ponto de vista dos agentes, onde estes agem por conta própria em função de sua percepção do ambiente e das ações dos outros agentes. Desta forma foi possível criar um ambiente onde agentes, sem qualquer supervisão, mimetizassem comportamentos observados na literatura consultada, comprovando que a hipótese é válida para a explicação de ecossistemas de inovação.

2. As entidades em um ecossistema de inovação são afetadas pelas condições de contorno do ecossistema.

Esta hipótese norteou, além da inclusão dos elementos de sustentação do ambiente no modelo conceitual, a busca por mecanismos a serem inseridos no modelo computacional. Para a seleção das condições de contorno, foi de especial importância as fontes das áreas da Economia, Administração e Gestão do Conhecimento. Dentre estas condições pode-se mencionar em especial a estabilidade da demanda do ambiente e os mecanismos que regem o ecossistema em estudo, como a maneira pela qual (i) os recursos são distribuídos, (ii) se avalia as atividades do conhecimento executadas, (iii) se seleciona parceiros para a interação e (iii) o nível de exposição dos diferentes tipos de entidade ao mercado. Também se pode citar as características comportamentais iniciais dos agentes de um ecossistema. Estas condições de contorno variam de ecossistema para ecossistema e podem afetar fortemente os resultados de maneira que um conjunto que funciona em um ecossistema não funcione em outro.

Os experimentos realizados utilizando o modelo resultante corroboram estas hipóteses e escolhas, além de trazerem aprendizado a respeito de ecossistemas de inovação. Dentre os fenômenos observados nos experimentos, destacam-se:

1. O fluxo de conhecimento em um ecossistema de inovação depende da execução, por parte de seus integrantes, de um mix propício de papéis relativos ao conhecimento.

Os experimentos de 1 a 7 apresentados no capítulo 5, páginas 103 a 134, sustentam esta afirmação. No entanto, não é necessário que todos os papéis apontados no modelo conceitual estejam presentes, mas sim que arranjos entre os papéis sendo desempenhados sejam capazes de gerar, difundir, transformar e aplicar conhecimento de forma continuada. Isto porque os efeitos que determinados tipos de papéis possuem no ecossistema podem ser semelhantes, dependendo das condições de contorno e das características comportamentais das entidades.

É possível que geradores-consumidores atuem como difusores se estes forem dispostos a compartilhar seu conhecimento, assim como é possível que geradores-difusores participem do desenvolvimento de tecnologia se estiverem dispostos transformar suas descobertas científicas em tecnologias aplicáveis aos produtos, processos e serviços dos consumidores de seu ecossistema. Se existirem em um ambiente apenas consumidores-geradores muito protetores do seu conhecimento tecnológico, ou geradores-difusores que criam ciência de ponta mas não transformam este conhecimento em algo acessível aos consumidores do ecossistema, tem-se uma lacuna que deve necessariamente ser preenchida por difusores que dominem os dois tipos de conhecimento.

O desenvolvimento de conhecimento científico em conhecimento tecnológico, aliás, é um papel implícito mas de fundamental importância para o funcionamento do ecossistema. Se este papel não for desempenhado por entidades que possuam domínio de ambos os tipos de conhecimento dificilmente o novo conhecimento gerado será amplamente adotado pelos consumidores, em especial em ecossistemas onde existem muitos consumidores puros e poucos (ou nenhum) consumidores-geradores. O papel de integrador é especialmente importante em ecossistemas onde os consumidores tendem a perder sua motivação em aprender. Nestas condições estimular fluxos em um ecossistema pode ser uma atividade que exige esforço constante e perene. No entanto, há cenários em que mesmo a presença de

integradores não fez diferença nos resultados, como os cenários muito estáticos, onde mudanças podem diminuir a competitividade das entidades, levando as inovadoras até mesmo à eliminação; e os cenários com deficiências na execução dos papéis relativos ao conhecimento, que são incapazes de gerar, difundir, desenvolver e aplicar conhecimento em velocidade compatível com as mudanças do mercado.

Em todos os cenários, no entanto, é necessário que haja consumidores de conhecimento, pois estes são os responsáveis pela inovação em si ao aplicar o conhecimento a processos, produtos e serviços disponíveis à população.

2. O fluxo de conhecimento depende das características dos indivíduos e das relações entre estes.

Corroborando a segunda hipótese, percebe-se pelos experimentos que os fluxos de conhecimento serão influenciados pela motivação em aprender média, pela disposição em compartilhar média, pelo grau de heterogeneidade do conhecimento das entidades, pela aptidão percebida pelos interlocutores, pelo histórico de interações entre os agentes, assim como pela maneira como os agentes aprendem com os resultados de suas interações. Os experimentos demonstraram que, se os indivíduos não possuem diferenciais de conhecimento a motivação em aprender cai mesmo entre os geradores de conhecimento (Figura 28, Figura 29, Figura 32 e Figura 33, respectivamente páginas 122, 123, 128 e 129). Adicionalmente, a motivação em aprender cai se a atividade de aprendizado não atender aos critérios de desempenho da entidade. Para tanto basta que as recompensas percebidas diminuam, ou que o risco percebido aumente.

Indivíduos que possuem baixa motivação em aprender, por sua vez, entram em um *lock-in* e tendem a não se engajar em interações do conhecimento mesmo quando sua sobrevivência está ameaçada. No mundo real, aliás, investimentos em pesquisa e desenvolvimento são os primeiros a sofrerem cortes em uma crise, principalmente se os agentes estão focados em resultados de curto prazo.

A confiança entre os indivíduos também é importante. Nos experimentos desta tese, a confiança era baseada na aptidão percebida, nos recursos acumulados e no histórico de interações entre as entidades. Se o interlocutor não inspira confiança no receptor, este não se engajará em atividades do conhecimento mesmo que esteja motivado a aprender. A

intervenção de um integrador pode inspirar confiança, mas mesmo assim não garante a interação.

No mundo real também é importante o nível de capital social do ecossistema, seu sistema de Leis e “regras do jogo”, que garantirão um campo nivelado de competição e que os inovadores serão capazes de aproveitar os benefícios de suas descobertas. Em ecossistemas onde estas condições não são atendidas os agentes tendem a se tornar menos dispostos a aprender e a compartilhar. Integradores são especialmente importantes nestes cenários, agindo como mediadores, atuando na formação inicial e na manutenção de relações, como depositários de confiança, disseminando bons costumes, formando a noção de uma visão compartilhada.

3. A demanda do ambiente influencia a evolução tanto das soluções adotadas pelos agentes como a evolução de seu comportamento.

Ligado à segunda hipótese, esta condição de contorno provou ser fundamental para a continuidade da inovação e da manutenção de elevados níveis de fluxo de conhecimento em um ecossistema. O experimento 4 (Figura 27, página 119), o experimento 5 (Figura 31, página 126), o experimento 6 (Figura 34, página 130 e, Figura 35, página 131) e o experimento 7 (Figura 36, página 133) exibem ecossistemas de inovação em ambientes dinâmicos, em alguns casos apenas sob a intervenção de integradores. Mas nem a ação dos integradores foi capaz de impedir a queda da motivação em aprender dos consumidores puros a níveis nulos nos cenários estáticos, mesmo naqueles onde se pôde perceber que o novo conhecimento gerado era inicialmente transformado, difundido e aplicado a contento (Figura 25, Figura 29, Figura 32 e Figura 33, respectivamente páginas 117, 123, 128 e 129).

Isto porque após alcançar um elevado nível de aptidão os consumidores passam a proteger o seu ajuste à demanda, evitando aplicar novos conhecimentos que, nestes cenários, têm elevada chance de não serem demandados pelo ambiente. Os consumidores de conhecimento se tornam os bem-sucedidos incumbentes, altamente ajustados à demanda, pouco motivados a aprender, dificilmente desafiados por novos entrantes e, dado a sua baixa motivação em aprender, entram em um estado de *lock-in* e baixo desempenho inovativo. Este fenômeno já levou ao fim ou diminuiu severamente a importância de gigantes industriais antes conhecidos por sua inovatividade.

O que se pode concluir com os experimentos é que ambientes estáticos congelam o motor evolucionário competitivo do ecossistema fazendo com que mecanismos de adaptação

não mais funcionem. Para que se tenha um ecossistema de inovação duradouro, é necessário que se permita a ação dos mecanismos de destruição criativa, que haja constante renovação e competição entre as entidades. Do contrário, induz-se o ambiente e suas entidades a um *lock-in*.

4. Fluxo de conhecimento é vital para a existência de um ecossistema de inovação.

Esta conclusão está ligada à primeira hipótese, que afirma que as entidades devem estar fortemente inter-relacionadas. O experimento 3 demonstra (Figura 22, página 113) que a existência de relações entre as entidades por onde flua conhecimento é muito importante para o desempenho de um ecossistema. O referido experimento simula um ambiente dinâmico, já determinado como importante para a inovação sustentável, onde há pouco fluxo de conhecimento apesar de haver entidades capazes de gerar, transformar e aplicar conhecimento sem interagir com outras entidades. Apesar de potencialmente autossuficientes, durante as simulações os consumidores-geradores, expostos ao mercado e únicos responsáveis pela geração e transformação de conhecimento no ecossistema, tiveram elevada taxa de mortalidade de forma que os poucos sobreviventes não foram capazes de acompanhar rapidamente as mudanças do ambiente na ausência de outras entidades capazes de gerar e transformar conhecimento. Ainda que seja possível que existam casos onde uma única entidade seja capaz de manter desempenho forte inovador, dificilmente no mundo real uma única entidade é capaz de gerar, transformar e aplicar todo o conhecimento necessário para manter uma boa capacidade inovativa no ecossistema. Além disso, esta entidade estaria exposta ao mercado e, portanto, correria o risco de ser extinta por uma miríade de fatores. Um ambiente assim não poderia nem mesmo ser classificado como um ecossistema, pois fere todos os conceitos apresentados na seção 2.1, que em sua maioria mencionam relações de interdependência e difusão tecnológica, que não podem existir sem a existência de fluxos de conhecimento.

5. O ambiente de inovação é regido por mecanismos evolutivos, incluindo adaptação e seleção natural pelo ambiente.

Todos os experimentos onde se pôde observar inovação sustentada (Figura 27, Figura 31, Figura 35 e, Figura 36, respectivamente páginas 119, 126, 131 e 133) envolveram a eliminação dos pouco aptos e a adaptação dos sobreviventes às condições do ambiente. Os indivíduos que iniciaram a simulação com uma baixa aptidão relativa, ou que falharam em acompanhar as mudanças do ambiente enquanto seus competidores se adaptavam acabaram por se extinguir por não conseguir obter recursos suficientes do ambiente para sobreviver. Esta dinâmica de forças seletoras, que emerge da interação entre a demanda do mercado, inovações por parte dos consumidores de conhecimento e controle do ambiente por parte de governos ou outra força reguladora define as trajetórias tecnológicas vencedoras, e com isto as entidades que serão bem sucedidas. Estes processos causam grandes desperdícios, resultando em esforços redundantes de criação e desenvolvimento de tecnologias. No entanto, mesmo assim processos evolucionários têm demonstrado grande poder de melhorar as capacidades tanto de espécies biológicas como de tecnologias, assim como de criar novas candidatas para a competição. A união destes processos em um ambiente dinâmico é o que garante a existência continuada de inovação. Sem estes mecanismos entidades ineficientes poderiam existir indefinidamente consumindo escassos recursos, e sem estímulo à mudança o sistema tenderia ao equilíbrio, o que é caracterizado pela ausência de inovações e de fluxos de conhecimento.

Por fim, a boa correspondência entre o comportamento do modelo e os fenômenos observados na literatura que fundamentou este trabalho demonstram que as hipóteses e as regras implementadas no modelo são boas candidatas para explicar o comportamento de sistemas reais.

6.2 Desafios da Tese

Dentre os desafios enfrentados ao longo desta tese cabe citar:

- Não foi possível determinar em quanto tempo um determinado bit de conhecimento levaria para se difundir pelo ecossistema até se tornar uma inovação, através de sua aplicação por um consumidor de conhecimento. O conhecimento do período de tempo necessário para a difusão e aplicação é importante para que se tenha uma noção da viabilidade de um ecossistema, pois este deve ser capaz de criar, desenvolver, difundir e aplicar conhecimento dentro da janela de oportunidade oferecida pelo mercado, ditada pelo período de estabilidade

da demanda entre mutações. Ecossistemas com o mesmo desempenho podem ser viáveis ou não dependendo desta janela de oportunidade. O trabalho de Adner e Kapoor (ADNER, 2006; ADNER; KAPOOR, 2016), de Kreindler e Young (2014), de Clayton Christensen (1992b, 1997) e de Carlota Perez (2001) são um bom ponto de partida para começar a compreender o problema.

- Em ambientes naturais a combinação de determinados genes pode levar a indivíduos inviáveis para existir no ambiente. Em ecossistemas de inovação isto também é possível, quando as soluções contidas na composição do conhecimento utilizado pela entidade ferem a Lei, o ambiente ou possuem forte rejeição cultural na região. Torna-se relevante, portanto, a criação de um método que possa distinguir combinações desejáveis, que conferem aumento de competitividade superior ao aumento proporcional obtido utilizando a comparação com a demanda; combinações aceitáveis, que conferem alguma competitividade, e combinações inaceitáveis ou restritas, que levariam à eliminação da entidade por um ente regulatório ou pelo próprio mercado. Para tanto os bits de conhecimento teriam que ser atribuídos a conhecimentos específicos, que teriam um peso na preferência do mercado e nos dispositivos legais que regulam o ecossistema. Combinações de soluções individualmente aceitáveis que resultem em uma solução global inviável também deveriam ser identificadas e eliminadas do ecossistema. Tal conhecimento, no entanto, exigiria grande conhecimento a respeito de um ecossistema, conhecimento tal que permitiria a criação por otimização de um supercompetidor em um ecossistema real. Diversas entidades nascentes falham nos primeiros meses de existência por este motivo. Mesmo grandes organizações cometem erros e desaparecem por não perceberem que um novo conhecimento adotado ou uma mudança de mercado tornam sua solução inviável no ecossistema.

6.3 Resultados Obtidos

Este trabalho produziu resultados de diversos tipos, tendo sido proveitoso para o autor, sua universidade e sua comunidade por conta da difusão dos conhecimentos obtidos através da publicação de artigos e palestras em eventos internacionais, regionais e locais.

Como **resultados científicos** este trabalho gerou: (i) um modelo conceitual de ecossistemas de inovação focado em fluxos de conhecimento apresentado no Capítulo 4 e, (ii) cinco publicações em periódicos e conferências relevantes na área.

Como **resultados técnicos** produziu: (i) definições técnicas do modelo de simulação e a implementação do simulador apresentados no Capítulo 5 e, (ii) simulações e análises técnicas sobre cenários de ecossistemas de inovação, também apresentadas no Capítulo 5.

Como **resultados tecnológicos** desenvolveu: (i) uma plataforma computacional para a simulação dos referidos ecossistemas de inovação, cujo código foi apresentado nos Apêndices e, (ii) provas de conceito baseadas em ambientes computacionais que validam os conceitos propostos nesta tese, apresentadas no Capítulo 6.

Como **resultados acadêmicos** foram ministrados quatro palestras e dois minicursos associados ao tema e às ferramentas utilizadas neste trabalho.

6.3.1 Artigos em Eventos

RAMOS FILHO, J. R. B.; COSTA, R. ; FIGUEIRAS, P. ; SARRAIPA, J. ; JARDIM-GONCALVES, R. ; LIMA, C. P. . Multi-agent based simulation of universities as an innovation ecosystem based on knowledge flows. In: **2017 International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC)**. Funchal, 2017. p. 1522-1530.

RAMOS FILHO, J. R. B.; TEIXEIRA, C. S. ; JARDIM-GONCALVES, R. ; LIMA, C. P. . Um modelo de ecossistemas de inovação baseado em fluxos de conhecimento. In: **VII Congresso Internacional do Conhecimento e Inovação (CiKI)**. Foz do Iguaçu, 2017.

RAMOS FILHO, J. R. B.; LIMA, C. P. . Agent Based Model of an Innovation Ecosystem Based in Knowledge Flows. In: **IV Escola Regional de Informática Norte 1 Amazonas – Roraima (ERIN)**. Manaus, 2017.

6.3.2 Artigo Publicado em Revista

RAMOS FILHO, J. R. B.; LIMA, C. P. Universidades como ecossistemas de inovação baseados em fluxos de conhecimento. In: **Revista Práxis Educacional**, [s. l.], v. 14, n. 27, p. 103–133, 2018.

6.3.3 Colaboração em Artigo Aceito em Revista

PIQUE, J. M., MIRALLES, F., TEIXEIRA, C. S., GASPAR, J.V., RAMOS FILHO, J. R. B. Application of the Triple Helix Model in the revitalization of cities: the case of Brazil. In: **International Journal of Knowledge-Based Development**.

6.3.4 Palestras

RAMOS FILHO, J. R. B. . Inovação e seus impactos. In: **I Encontro de Engenharia Física do Oeste do Pará (ENEFOPA) UFOPA**. Santarém, Novembro de 2017.

RAMOS FILHO, J. R. B. . Inovação e seu Impacto na Sociedade. In: **X Congresso de Ciência e Tecnologia da Amazônia ULBRA**. Santarém, Novembro de 2017.

RAMOS FILHO, J. R. B. . O que é inovação e a tríplice hélice governo-universidade-indústria. In: **Encontro Estadual de Inovação, Tecnologia e Sustentabilidade 2015 SENAI/SEBRAE**. Santarém, Novembro de 2015.

RAMOS FILHO, J. R. B. . O que é inovação?. In: **II Semana de Ciência e Tecnologia UFOPA**. Santarém, Outubro de 2015.

6.3.5 Minicursos

RAMOS FILHO, J. R. B. . Minicurso Programação de Sistemas Multi-Agentes Usando a Plataforma *NetLogo* – 4 horas, In: **IV Escola Regional de Informática Norte 1 Amazonas – Roraima (ERIN)**. Manaus, Setembro de 2017.

RAMOS FILHO, J. R. B. . Oficina Programação de Sistemas Multi-Agentes Usando Plataforma *NetLogo* – 4 horas, In: **I Simpósio de Computação do Oeste do Pará (SCOOP)**. Santarém, Novembro de 2017.

Pode-se citar ainda o estreitamento do relacionamento entre a Ufopa e UNL, obtido com o intercâmbio de alunos e da realização de mais um trabalho em cotutela alcançando, portanto, os objetivos do convênio de cooperação firmado entre as duas instituições firmado 08/11/2013 com o fim de realizar atividades de índole acadêmica, científica e cultural em áreas de interesse comum (Processo nº 23204.002959/2014-01 publicado no Diário Oficial da União em 21 de Março de 2014).

6.4 Sugestões para Trabalhos Futuros

6.4.1 Validação em Ecossistemas Reais

Embora se tenha encontrado correspondentes para o comportamento do modelo na literatura, sugere-se a validação do modelo em um ecossistema real. Para tanto, dados devem ser coletados para que se possa mensurar, ainda que indiretamente, os parâmetros do modelo, que então deve ser calibrado para que este último seja capaz de reproduzir o comportamento do ecossistema real com os parâmetros fornecidos. O modelo computacional tem potencial para ser utilizado, então, como ferramenta não apenas explicativa, mas também preditiva. Estima-se que para tanto seja necessário uma grande quantidade de recursos para a elaboração dos instrumentos de pesquisa e sua aplicação, incluindo diárias, passagens e equipamentos, além de cartas de recomendação de entidades de importância nos ecossistemas para que se possa ter acesso aos dados das diferentes entidades.

No entanto, acredita-se que o modelo já é útil em simulações de ecossistemas cujos parâmetros são obtidos não a partir de pesquisas com entidades reais, mas a partir de opiniões de especialistas e de percepções qualitativas das características dos agentes e dos elementos de sustentação. Esta abordagem tem o potencial de diminuir consideravelmente o tempo e os recursos necessários para a validação.

6.4.2 Desenvolvimentos do Modelo Conceitual e Computacional

Ao longo do desenvolvimento desta tese outros caminhos promissores surgiram mas não puderam ser incluídos neste trabalho dado o seu período finito. Dentre estes estão:

- A definição de uma hierarquia de reputação geográfica definida de acordo com a abrangência da atuação e da reputação de um ator. Esta seria definida em termos de níveis de reputação global, nacional, regional e local.

- A dimensão temporal da difusão de conhecimento é um importante aspecto que não foi abordado neste trabalho. A pesquisa bibliográfica, assim como as contribuições desta tese, não incluem mecanismos que permitam estimar o tempo que levará a difusão de conhecimento. Esta noção é útil, pois há uma relação entre o tempo que a difusão levará (que

vai depender da curva de aprendizado e da capacidade de absorção, do volume de conhecimento a ser absorvido, da disponibilidade de infraestrutura, da vontade de compartilhar e da motivação em aprender; da habilidade em transmitir, dentre outros) e os custos envolvidos. Se os custos para a difusão superarem a disponibilidade de recursos (ou a disposição em investir) dos membros do ecossistema, a difusão obviamente não ocorrerá. Há também a noção de “janela de oportunidade” (PEREZ, 2001), que limita o espaço de tempo disponível para a adoção da tecnologia a fim de que seja possível obter algum retorno antes que a mesma se torne obsoleta.

- Explorar questões relativas à apropriabilidade do conhecimento e sua relação com a mudança da “disposição em compartilhar”. Estima-se que quanto mais confiáveis, eficientes e justas sejam as Leis e estruturas de proteção ao capital intelectual, maior seja o incentivo ao investimento em pesquisa e desenvolvimento para aplicação. Há também relatos de regiões onde patentes são utilizadas para trocas entre concorrentes de tecnologias que os criadores desejam padronizar na indústria, fazendo desta forma com que haja uma medida de reciprocidade entre concorrentes que cooperam. Da mesma forma, há ambientes onde não se respeitam as patentes ou estas demoram tanto a sair que a vantagem competitiva já se erodiu. O efeito destas características do ambiente, classificáveis como elementos de sustentação, pode ser a base para interessantes mecanismos de aprendizado no que tange a disposição em compartilhar dos agentes, que embora façam parte do modelo conceitual não foram amplamente explorados nos experimentos executados nesta tese.

- A exploração da capacidade das entidades em mudar de papel no ecossistema, através da aquisição de outras entidades ou do alcance de um nível de sofisticação que lhe permita passar a desempenhar outros papéis.

- A geração de uma ferramenta mais acessível ao usuário leigo para que o modelo computacional possa ser amplamente utilizado, com múltiplos mecanismos para explorar cenários diversos dos aqui apresentados.

- A criação de métodos alternativos de visualização e exposição da vasta quantidade de dados gerados pelas simulações, possivelmente com integração do modelo a ferramentas de tratamento de dados e aprendizado de máquina como a linguagem R.

Espera-se que esta contribuição sirva de primeiro passo para os que desejarem dominar estes temas, tanto local como nacionalmente.

7 REFERÊNCIAS

ADNER, R. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. **Harvard Business Review**, [s. l.], n. April, 2006.

ADNER, R.; KAPOOR, R. Innovation ecosystems and the pace of substitution: Re-examining technology S-curves. **Strategic Management Journal**, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 625–648, 2016. Disponível em: <<http://faculty.chicagobooth.edu/workshops/orgs-markets/past/pdf/Adner.pdf>>

ALEXANDER, J. K. Thinking again about science in technology. **Isis; an international review devoted to the history of science and its cultural influences**, [s. l.], v. 103, n. 3, p. 518–526, 2012. Disponível em: <<http://www.journals.uchicago.edu/doi/pdfplus/10.1086/667975>>

ALLEN, T. F. H.; HOEKSTRA, T. W. **Toward a Unified Ecology**. 2nd. ed. New York, USA: Columbia University Press, 2015.

ANDERSEN, J. B. **What are innovation ecosystems and how to build and use them**. 2011. Disponível em: <<http://www.innovationmanagement.se/2011/05/16/what-are-innovation-ecosystems-and-how-to-build-and-use-them/>>. Acesso em: 9 jul. 2015.

BALCONI, M.; BRUSONI, S.; ORSENIGO, L. In defence of the linear model: An essay. **Research Policy**, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 1–13, 2010.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4th. ed. Oxford, UK: Blackwell Publishing, 2006.

BUNGE, M. **Ciencia, Técnica y Desarrollo**. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, 1997.

BUNGE, M. **Social Science under Debate: A Philosophical Perspective**. Toronto: University of Toronto Press, 1998. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/10.3138/9781442680036>>

BUNGE, M. **La Ciencia Básica entendida como Ciencia Pura**. Buenos Aires: Paidós, 2002.

BUSH, V. Science: The Endless Frontier. **Transactions of the Kansas Academy of Science (1903-)**, [s. l.], p. 231–264, 1945. Disponível em: <[http://links.jstor.org/sici?sici=0022-8443\(194512\)48%3A3%3C231%3ASTE%3E2.0.CO%3B2-B](http://links.jstor.org/sici?sici=0022-8443(194512)48%3A3%3C231%3ASTE%3E2.0.CO%3B2-B)>

CARAYANNIS, E. G.; CAMPBELL, D. F. J. “Mode 3” and “Quadruple Helix”: toward a 21st century fractal innovation ecosystem. **International Journal of Technology Management**, [s. l.], v. 46, n. 3/4, p. 201–234, 2009.

CARAYANNIS, E. G.; PROVANCE, M.; GRIGOROUDIS, E. Entrepreneurship ecosystems: an agent-based simulation approach. **Journal of Technology Transfer**, [s. l.], v. 41, n. 3, p. 631–653, 2016.

CHAUDHRY, Q. A. **An introduction to agent-based modeling modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo: a review**. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: The MIT Press, 2016. v. 4 Disponível em: <<http://casmodeling.springeropen.com/articles/10.1186/s40294-016-0027-6>>

CHRISTENSEN, C. M. Exploring the Limits of the Technology S-Curve, Part I: Component Technologies. **Production and Operations Management Society**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 334–357, 1992. a. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1937-5956.1992.tb00001.x>>

CHRISTENSEN, C. M. Exploring The Limits of the Technology S-Curve. Part II: Architectural Technologies. **Production and Operations Management**, [s. l.], v. 1, n. 4, p. 358–366, 1992. b.

CHRISTENSEN, C. M. **The Innovator's Dilemma**. [s.l.] : Harvard Business Review Press, 1997.

CHRISTIAN, R. R. Concepts of Ecosystem, Level and Scale. In: BODINI, A.; KLOTZ, S. (Eds.). **Ecology**. [s.l.] : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2009. v. I.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity : A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, [s. l.], v. 35, n. 1, p. 128–152, 1990. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2393553>>

COOKE, P. et al. (EDS.). **Handbook of regional innovation and growth**. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2011.

COOKE, P.; URANGA, M. G.; ETXEBARRIA, G. Regional innovation systems: Institutional and organizational dimensions. **Research Policy**, [s. l.], v. 26, p. 475–491, 1997.

COSTA, R. **Semantic Enrichment of Knowledge Sources Supported by Domain Ontologies**. 2014. Universidade Nova de Lisboa, [s. l.], 2014.

COSTA, R.; LIMA, C. An Architecture to Support Semantic Enrichment of Knowledge Sources in Collaborative Engineering Projects. In: FRED, A. et al. (Eds.). **Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management: Second International Joint Conference, IC3K 2010, Valencia, Spain, October 25-28, 2010, Revised Selected Papers**. [s.l.] : Springer Berlin Heidelberg, 2013. v. 272p. 279–289.

DALKIR, K. **Knowledge Management in Theory and Practice**. [s.l.] : Elsevier Butterworth-Heinemann, 2005.

DEB, K. An introduction to genetic algorithms. **Sadhana**, [s. l.], v. 24, n. 4–5, p. 293–315, 1999.

DEDEHAYIR, O.; MÄKINEN, S. J.; ROLAND ORTT, J. Roles during innovation ecosystem genesis: A literature review. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], p. 12, 2016.

DURST, S.; POUTANEN, P. Success factors of innovation ecosystems - Initial insights from a literature review. In: (R. Smeds, O. Irrman, Eds.) **CO-CREATE 2013: THE BOUNDARY-CROSSING CONFERENCE ON CO- DESIGN IN INNOVATION 2013, Anais...** : Aalto University Publication, 2013. Disponível em: <http://blogs.helsinki.fi/pkpoutan/files/2014/03/Durst_Poutanen_CO_CREATE2013.pdf>

EDQUIST, C.; HOMMEN, L. **Small country innovation systems: globalization, change and policy in Asia and Europe**. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2008. Disponível em: <<http://www.elgaronline.com/view/9781845425845.xml>>

ENGEL, J. S. **Global Clusters of Innovation: lessons from Silicon Valley. California**

Management Review, [s. l.], v. 57, n. 2, p. 36–66, 2015.

ENGEL, J. S.; DEL-PALACIO, I. Global networks of clusters of innovation: Accelerating the innovation process. **Business Horizons**, [s. l.], v. 52, n. 5, p. 493–503, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2009.06.001>>

ENGLER, J.; KUSIAK, A. Modeling an Innovation Ecosystem with Adaptive Agents. **International Journal of Innovation Science**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 55–68, 2011.

ETZKOWITZ, H. et al. The future of the university and the university of the future: evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. **Research Policy**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 313–330, 2000. Disponível em: <<http://eprints.whiterose.ac.uk/60454/>>

ETZKOWITZ, H.; LEYDESDORFF, L. The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations. **Research Policy**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 109–123, 2000.

FIRESTONE, J. M.; MCELROY, M. W. **Key issues in the new knowledge management**. New York, USA: Butterworth Heinemann, 2003.

FREEMAN, C. The “National System of Innovation” in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics**, [s. l.], v. 19, n. March 1993, p. 5–24, 1995.

GAWER, A.; CUSUMANO, M. A. Industry platforms and ecosystem innovation. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 31, n. 3, 2014.

HUANG, N.-T.; WEI, C.-C.; CHANG, W.-K. Knowledge management: modeling the knowledge diffusion in community of practice. **Kybernetes**, [s. l.], v. 36, n. 5/6, p. 607–621, 2007.

HWANG, V. W. **The next big business buzzword: ecosystem?** 2014. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/victorhwang/2014/04/16/the-next-big-business-buzzword-ecosystem/>>. Acesso em: 9 jul. 2015.

HWANG, V. W.; HOROWITT, G. **The Rainforest - the secret to building the next Silicon Valley**. Los Altos Hills: Regenwald, 2012.

KLINE, S. J.; ROSENBERG, N. **An Overview of Innovation**, 1986.

KREINDLER, G. E.; YOUNG, H. P. Rapid innovation diffusion in social networks. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s. l.], v. 111 Suppl 3, n. Supplement 3, p. 10881–8, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25024191>>. Acesso em: 8 maio. 2018.

LABIAK JR., S. **Método de análise dos fluxos de conhecimento em Sistemas Regionais de Inovação**. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina, [s. l.], 2012.

LEMOS, M. B.; SANTOS, F.; CROCCO, M. Arranjos Produtivos Locais industriais sob ambientes periféricos: os condicionantes territoriais das externalidades restringidas e negativas. In: DINIZ, C. C.; LEMOS, M. B. (Eds.). **Economia e Território**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. p. 578.

LESTER, R. K.; PIORE, M. J. **Innovation - The Missing Dimension**. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: Harvard University Press, 2006.

LESTER, R. K.; SOTARAUTA, M. (EDS.). **Innovation, universities and the competitiveness of regions - Technology Review 214/2007**. Helsinki: TEKES, IPC-MIT,

2007. Disponível em: <<https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/universities.pdf>>

LUNDEVALL, B.-Å. et al. National systems of production, innovation and competence building. **Research Policy**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 213–231, 2002.

MACAL, C.; NORTH, M. Introductory Tutorial: Agent-Based Modeling and Simulation. **Proceedings of the 2014 Winter Simulation Conference**, [s. l.], p. 2239–2250, 2014.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2003.

MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor**. [s.l.] : Portfolio-Penguin, 2014.

MERCAN, B.; GÖTKAS, D. Components of Innovation Ecosystems. **International Research Journal of Finance and Economics**, [s. l.], n. 76, p. 102–112, 2011. Disponível em: <<http://www.internationalresearchjournaloffinanceandconomics.com>>

Merriam-Webster Dictionary. 2016. Disponível em: <<http://www.merriam-webster.com/>>.

METCALFE, S.; RAMLOGAN, R. **Innovation systems and the competitive process in developing economies** Centre on Regulation and Competition Working Paper Series: Centre on Regulation and Competition (CRC) Working Papers. Manchester. Disponível em: <<http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/30672/1/cr050121.pdf>>.

MILLER, J. H.; PAGE, S. E. **Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life**. Princeton: Princeton University Press, 2007. NULL. Disponível em: <<http://press.princeton.edu/titles/8429.html>>

MITCHELL, M. An introduction to genetic algorithms. **Computers & Mathematics with Applications**, [s. l.], v. 32, n. 6, p. 133, 1996.

MONASTERIO, L.; CAVALCANTE, L. R. Fundamentos do pensamento econômico regional. In: CRUZ, B. de O. et al. (Eds.). **Economia regional e urbana: teorias e métodos com ênfase no Brasil**. Brasília: IPEA, 2011. p. 43–77.

MSANJILA, S. S. **On Inter-Organizational Trust Engineering in Networked Collaborations: modeling and management of rational trust**. 2009. Universiteit van Amsterdam, [s. l.], 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11245/2.68765>>

MUNROE, T. Is Silicon Valley Sustainable? **Hélice**, [s. l.], v. 1, n. 1, 2012. Disponível em: <www.triplehelixassociation.org/helice/volume-1-2012/helice-issue-1/silicon-valley-sustainable>

MUNROE, T.; WESTWIND, M. **What Makes Silicon Valley Tick?: The Ecology of Innovation at Work**. [s.l.] : Nova Vista Publishing, 2009.

NELSON, R. **Why do firms differ, and how does it matter?**, 1991. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/smj.4250121006/abstract>>

NELSON, R. R. Capitalism as an engine of progress. **Research Policy**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 193–214, 1990.

NONAKA, I.; KONNO, N. The concept of BA: building a foundation for knowledge creation. **California Management Review**, [s. l.], v. 40, n. 3, p. 40–54, 1998.

NONAKA, I.; TAKEUCHI, H. **The knowledge-creating company: how japanese**

companies create the dynamics of innovation. New York, USA: Oxford University Press, 1995.

OCDE. **Manual de Oslo: diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação.** 3a. Edição ed. Brasília: OCDE, Eurostat, FINEP, 2005. Disponível em: <http://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/manual-de-oslo_9789264065659-es>

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. The Scope of Ecology. In: **Fundamentals of Ecology.** 5th. ed. [s.l.] : Cengage Learning, 2004.

OECD. National Innovation Systems. [s. l.], v. 8, n. 1, p. 49, 1997. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/35/56/2101733.pdf>>

OH, D. S. et al. Innovation ecosystems: A critical examination. **Technovation**, [s. l.], 2014.

OKSANEN, K.; HAUTAMÄKI, A. Transforming regions into innovation ecosystems : A model for renewing local industrial structures. **The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 2–17, 2014.

PEREZ, C. Cambio tecnológico y oportunidades de desarrollo como blanco móvil. **Revista de la CEPAL**, [s. l.], v. 75, n. Diciembre, p. 115–136, 2001.

PONTE, M. J. M. Da. **Referencial semântico no suporte da identificação botânica de espécies amazônicas.** 2017. Universidade Federal do Oeste do Pará, [s. l.], 2017.

PORTER, M. E. Clusters and the new economics of competition. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 76, n. 6, p. 77–90, 1998. a.

PORTER, M. E. The Adam Smith address: Location, clusters, and the “new” microeconomics of competition. **Business Economics**, [s. l.], v. 33, n. 1, p. 7–13, 1998. b. Disponível em: <<http://www.econ.nyu.edu/dept/courses/niemira/980107.pdf>>

PORTER, M. E. Clusters and Competition. **On Competition, Updated and Expanded Edition**, [s. l.], p. 213–304, 2008.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2 ed. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

PUTNAM, R. D.; LEONARDI, R.; NANETTI, R. Y. Social Capital and Institutional Success. In: **Making Democracy work: civic traditions in modern Italy.** New Jersey: Princeton University Press, 1993. p. 163–185.

RITALA, P.; ALMPANOPOULOU, A. In defense of “eco” in innovation ecosystem(star, open). **Technovation**, [s. l.], v. 61, n. January, p. 39–42, 2017.

ROMER, P. M. Increasing returns and long-run growth. **Journal of Political Economy**, [s. l.], v. 94, n. 5, p. 1002–1037, 1986.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial intelligence: a modern approach.** London: Prentice Hall, 1995.

SAXENIAN, A. **Regional Advantage: Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128.** Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: Harvard University Press, 1994.

SAXENIAN, A. **The New Argonauts: Regional Advantage in a Global Economy.** Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: Harvard University Press, 2006.

SENAI, I. **Institutos SENAI de Inovação e Tecnologia**. 2017. Disponível em: <<http://institutossenai.org.br/home/conhecamaais>>. Acesso em: 6 out. 2017.

SENGE, P. M. **The Fifth Discipline: the art & practice of the learning organisation**. 2nd. ed. [s.l.] : Random House Business Books, 2006.

SHARIF, N. Emergence and development of the National Innovation Systems concept. **Research Policy**, [s. l.], v. 35, n. 5, p. 745–766, 2006.

SHAW, D. R.; ALLEN, T. Studying innovation ecosystems using ecology theory. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2016.11.030>>

SHIFLET, A. B.; SHIFLET, G. W. An introduction to agent-based modeling for undergraduates. **Procedia Computer Science**, [s. l.], v. 29, p. 1392–1402, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.126>>

SILVA, E. L. Da; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4^a ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

STOKES, D. E. **O Quadrante de Pasteur: A Ciência Básica e a Inovação Tecnológica**. Campinas: Editora da Unicamp, 2005.

TEECE, D.; PISANO, G. The dynamic capabilities of firms: An introduction. **Industrial and Corporate Change**, [s. l.], v. 3, n. 3, p. 537–556, 1994.

TEECE, D.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic capabilities and strategic management. **Strategic management journal**, [s. l.], v. 18, n. 7, p. 509–533, 1997. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/3088148>>

TISUE, S.; WILENSKY, U. Netlogo: A simple environment for modeling complexity. **Conference on Complex Systems**, [s. l.], p. 1–10, 2004. Disponível em: <<http://ccl.sesp.northwestern.edu/papers/netlogo-iccs2004.pdf>>

URIARTE, F. A. **Introduction to knowledge management in the NHS**. Jakarta, Indonesia: ASEAN Foundation, 2008. Disponível em: <http://www.aseanfoundation.org/documents/knowledge_management_book.pdf>

WALLNER, T.; MENRAD, M. Extending the innovation ecosystem framework. In: THE PROCEEDINGS OF THE XXII ISPIM CONFERENCE - 12-15 JUNE 2011 2011, Hamburg. **Anais...** Hamburg: ISPIM, 2011. Disponível em: <<http://www.researchgate.net/publication/268006642>>

WEIMER, C. W.; MILLER, J. O.; HILL, R. R. Agent-based Modeling: an introduction and primer. In: (T. M. K. Roeder et al., Eds.) PROCEEDINGS OF THE 2016 WINTER SIMULATION CONFERENCE 2016, **Anais...** : IEEE, 2016.

WILENSKY, U.; RAND, W. **An Introduction to Agent-Based Modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo**. Cambridge, Massachusetts, U.S.A.: MIT Press, 2015.

WOOLDRIDGE, M. J. **An Introduction to MultiAgent Systems**. 2nd. ed. [s.l.] : Wiley, 2009.

YELLE, L. E. The Learning Curve: Historical Review and Comprehensive Survey. **Decision Sciences**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 302–328, 1979.

ZHUGE, H. Knowledge flow network planning and simulation. **Decision Support Systems**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 571–592, 2006.

8 APÊNDICES

8.1 Código do Modelo em NetLogo

8.1.1.1 *InnovationEcosystemv8 print.nlogo*

```

.....
.....: Innovation Ecosystem .....
.....
.....
extensions [table]

.....: breeds .....

breed [entities entity]
breed [niches niche]

.....: turtle variables .....

entities-own [

;; stores the scientific knowledge of the entity. It is a characteristic of Generators and Diffusers
science-knowledge
new-science-knowledge
;; lets the model know which entities have active scientific knowledge
science?
;; stores the technological knowledge of the entity. It is a characteristic of Consumers and Diffusers
tech-knowledge
new-tech-knowledge
;; lets the model know which entities have active technological knowledge
technology?
;; stores the complement of the Hamming distance between the entity and the market
sci-fitness
tech-fitness
fitness
;; stores the amount of resources kept by the entity
resources
;; does the entity assume a generator role in the ecosystem?
generator?
;; does the entity assume a generator role in the ecosystem?
consumer?
;; does the entity assume a generator role in the ecosystem?
diffuser?
;; does the entity assume a generator role in the ecosystem?
integrator?
;; entity's willingness to share knowledge with others
willingness-to-share
;; entity's motivation to learn from others
motivation-to-learn
;; entity's performance in creating oportunities to create new knowledge
creation-performance
;; entity's performance in creating oportunities to develop science into technology
development-performance
;; lets the model know if the agent performed crossover
crossover?
;; lets the model know if the agent performed mutation
mutation?
;; lets the model know if the agent performed development of scientific knowledge into technological knowledge
development?
;; lets the model know if the agent shared knowledge as the emitter
emitted?
;; lets the model know if the mutation attempt by a generator was successful
mutated?
;; lets the model know if the integrator attempted to integrate
integrated?

```

```

;; lets the model know if the interaction of an agent is occurring through an integrator
integration?
;; entities memory of past interactions with other agents
interaction-memory

]

niches-own [

  ;; total-resources of a market niche
  niche-resources
  ;; stores the demand DNA of the market niche
  niche-demand

]

..... globals .....
globals [

  ;; holds counter value for which instruction is being displayed
  current-instruction
  ;; seed used to generate random-numbers
  my-seed
  ;; used to count the period of market stability between market mutations
  market-mutation-countdown

]

.....
.....; setup procedures ;.....
.....

to setup

  clear-all
  define-seed
  ask patches [set pcolor black];
  set-default-shape entities "circle";

  ;; creates the market where entities will compete and assigns the demand DNA
  ;; has to be called before the populate-ecosystem, so entities can assess their fitness from the start
  create-market
  ;; creates the entities according to the inputs in the User Interface
  populate-ecosystem
  ;; resets the simulation clock
  reset-ticks

end

.....
.....; go procedures ;.....
.....

to go

  ;; implements the stop trigger
  if ticks >= stop_trigger [
    stop
  ]

  ;; clears the knowledge flow links from the previous iteration to keep a clean interface
  ask links [die]

  ;; asks entities to assess their fitness against the market demand DNA
  ask entities [test-fitness]

  ;; gives the entities resources proportional to their fitness
  ;; and collects the resources necessary to live
  ;; kills entities with insufficient resources to live
  ask entities [calculate-resource]

```

```

;; replaces dead entities with new startups
if ((count entities) != number_of_entities) and startups? [
  spawn-startup (number_of_entities - (count entities))
]

;; stops the simulation if there is fewer than two entities with any kind of knowledge
if count entities with [science? or technology?] < 2 [
  print "There are not enough knowledge entities left for interactions"
  stop
]

;; KNOWLEDGE INTERNAL ACTIVITIES

;; asks generators to perform research, in other words, mutate their scientific knowledge
;; must be called before the interact procedure to avoid loss of new knowledge
ask entities with [generator?] [

  generate

]

;; asks entities with scientific and technological knowledge to develop science into technology
ask entities with [science? and technology?] [

  develop

]

;; KNOWLEDGE EXTERNAL ACTIVITIES

;; asks integrators to facilitate the interaction and crossover between two entities
ask entities with [integrator?] [

  integrate

]

;; ask entities with some kind of knowledge to look for similar partners and try to perform crossover
;; it prevents entities who performed mutation, crossover or development to receive knowledge to protect
;; the results of these operations
ask entities with [science? or technology?] [

  if resources > cost_of_crossover and not development? and not mutation? and not crossover? [

    interact

  ]
]

;; ask entities to update their knowledge given the actions performed during the iteration
ask entities [

  set science-knowledge new-science-knowledge
  set tech-knowledge new-tech-knowledge

]

;; mutates the market if the countdown meets the number set in the interface
market-mutation

;; ticks the simulation clock
tick

end

.....
.....: entities' procedures :.....
.....
to populate-ecosystem

  ifelse random_ent_creation? [

    ;; creates random amounts of each kind of entity and assigns them resources, a knowledge DNA and others
    create-entities number_of_entities [

```

```

;; asks entities to select their roles and create their parameters accordingly
select-role
set-entity-parameters
set color blue

]
][
;; creates the selected amount of each kind of entity and assigns them resources, a knowledge DNA and others
;; creates pure generators
create-entities number_of_generators [

    set generator? true
    set consumer? false
    set diffuser? false
    set integrator? false

    set-entity-parameters
    set color orange
]
;; creates pure consumers
create-entities number_of_consumers [

    set generator? false
    set consumer? true
    set diffuser? false
    set integrator? false

    set-entity-parameters
    set color orange
]
;; creates pure diffusers
create-entities number_of_diffusers [

    set generator? false
    set consumer? false
    set diffuser? true
    set integrator? false

    set-entity-parameters
    set color orange
]
;; creates pure integrators
create-entities number_of_integrators [

    set generator? false
    set consumer? false
    set diffuser? false
    set integrator? true

    set-entity-parameters
    set color orange
]
;; creates consumers-generators
create-entities number_of_cons_gen [

    set generator? true
    set consumer? true
    set diffuser? false
    set integrator? false

    set-entity-parameters
    set color orange
]
;; creates generators-diffusers
create-entities number_of_gen_dif [

    set generator? true
    set consumer? false
    set diffuser? true
    set integrator? false

    set-entity-parameters
    set color orange
]

```

```

]

;; sets the total number of entities as the sum of the types created.
;; it allows the model to replace the dead entities with randomly created startups
;; if startups? is set on at the interface
set number_of_entities (number_of_generators + number_of_consumers + number_of_integrators + number_of_diffusers +
number_of_cons_gen + number_of_gen_dif)

]

end

to evaluate-crossover [old-knowledge new-knowledge]

let evaluation 0
;; the model currently runs with only one market niche. If more than one market niche is implemented, it will pick
;; one of the niches for the evaluation.

;; if there is an increase in fitness, the experience will be well evaluated (+ 0.10)
;; if there is no increase in fitness (remains the same or drops), it will be poorly evaluated (- 0.05)

..... if the entities only evaluate for fitness.....
;; implements the function for all entities that are not consumers
if evaluate_for_fitness? and not evaluate_for_learning? and not consumer? [
  let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches

;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
let fitness-old 0
let fitness-new 0

;; assesses the complement of the hamming distance between the niche-demand and the knowledges
;; the higher the better
set fitness-old knowledge - (hamming-distance old-knowledge niche-demand-now)
set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge niche-demand-now)

ifelse fitness-new > fitness-old [
  ;; the case where there is an increase in fitness
  if motivation-to-learn < 1 [
    set evaluation 0.1
  ]
][
  ;; the case where there is no increase in fitness
  if motivation-to-learn > 0 [
    set evaluation -0.05
  ]
]
]

;; implements the function for all entities that are consumers
if evaluate_for_fitness_cons? and not evaluate_for_learning_cons? and consumer? [
  let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches

;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
let fitness-old 0
let fitness-new 0

;; assesses the complement of the hamming distance between the niche-demand and the knowledges
;; the higher the better
set fitness-old knowledge - (hamming-distance old-knowledge niche-demand-now)
set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge niche-demand-now)

ifelse fitness-new > fitness-old [
  ;; the case where there is an increase in fitness
  if motivation-to-learn < 1 [
    set evaluation 0.1
  ]
][
  ;; the case where there is no increase in fitness
  if motivation-to-learn > 0 [
    set evaluation -0.05
  ]
]
]

```

```

]
]

..... if the entities only evaluate for learning.....
;; implements the function for all entities that are not consumers
if evaluate_for_learning? and not evaluate_for_fitness? and not consumer? [
  ;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
  ;; to assess if there was any learning
  ifelse (hamming-distance old-knowledge new-knowledge) = 0 [
    if motivation-to-learn > 0 [
      set evaluation -0.05
    ]
  ][
    if motivation-to-learn < 1 [
      set evaluation 0.05
    ]
  ]
]

;; implements the function for all entities that are consumers
if evaluate_for_learning_cons? and not evaluate_for_fitness_cons? and consumer? [
  ;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
  ;; to assess if there was any learning
  ifelse (hamming-distance old-knowledge new-knowledge) = 0 [
    if motivation-to-learn > 0 [
      set evaluation -0.05
    ]
  ][
    if motivation-to-learn < 1 [
      set evaluation 0.05
    ]
  ]
]

..... if the entities evaluate for fitness and learning .....
;; implements the function for all entities that are not consumers
if evaluate_for_fitness? and evaluate_for_learning? and not consumer? [

  ;; if there is no learning, the experience will be poorly evaluated (-0.05 in motivation)
  ;; if there is learning and there is an increase in fitness, it will be well evaluated (+ 0.05)
  ;; if there is learning but there is no increase in fitness, it will be indifferent (no changes in motivation)
  ;; if there is learning but there is decrease in fitness, it will be poorly evaluated (- 0.05)

  ifelse (hamming-distance old-knowledge new-knowledge) = 0 [
    ;; the case with no learning
    if motivation-to-learn > 0 [
      set evaluation evaluation - 0.05
    ]
  ][
    ;; the case with learning
    if motivation-to-learn < 1 [
      let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches

      ;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
      let fitness-old 0
      let fitness-new 0

      ;; assesses the complement of the hamming distance between the niche-demand and the knowledges
      ;; the higher the better
      set fitness-old knowledge - (hamming-distance old-knowledge niche-demand-now)
      set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge niche-demand-now)

      ifelse fitness-new > fitness-old [
        ;; the case with learning and increase in fitness
        if motivation-to-learn < 1 [
          set evaluation evaluation + 0.1
        ]
      ][
        ;; the case of learning with no change or decrease in fitness
        if motivation-to-learn > 0 [
          set evaluation evaluation - 0.05
        ]
      ]
    ]
  ]
]

```

```

]
]
]

;; implements the function for all entities that are consumers
if evaluate_for_fitness_cons? and evaluate_for_learning_cons? and consumer? [

  ;; if there is no learning, the experience will be poorly evaluated (-0.05 in motivation)
  ;; if there is learning and there is an increase in fitness, it will be well evaluated (+ 0.05)
  ;; if there is learning but there is no increase in fitness, it will be indifferent (no changes in motivation)
  ;; if there is learning but there is decrease in fitness, it will be poorly evaluated (- 0.05)

  ifelse (hamming-distance old-knowledge new-knowledge) = 0 [
    ;; the case with no learning
    if motivation-to-learn > 0 [
      set evaluation evaluation - 0.05
    ]
  ][
    ;; the case with learning
    if motivation-to-learn < 1 [
      let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches

      ;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
      let fitness-old 0
      let fitness-new 0

      ;; assesses the complement of the hamming distance between the niche-demand and the knowledges
      ;; the higher the better
      set fitness-old knowledge - (hamming-distance old-knowledge niche-demand-now)
      set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge niche-demand-now)

      ifelse fitness-new > fitness-old [
        ;; the case with learning and increase in fitness
        if motivation-to-learn < 1 [
          set evaluation evaluation + 0.1
        ]
      ][
        ;; the case of learning with no change or decrease in fitness
        if motivation-to-learn > 0 [
          set evaluation evaluation - 0.05
        ]
      ]
    ]
  ]
]

;; incorporates the evaluation into the motivation-to-learn
set motivation-to-learn motivation-to-learn + evaluation

;; limits motivation-to-learn within the bounds of 0 and 1
ifelse motivation-to-learn > 1 [
  set motivation-to-learn 1
][
  if motivation-to-learn < 0 [
    set motivation-to-learn 0
  ]
]

end

to evaluate-crossover-dual [older-tech-knowledge newer-tech-knowledge older-science-knowledge newer-science-knowledge]

  let evaluation 0
  ;; the model currently has only one niche. If more than one niche is implemented, it will pick
  ;; one of the niches for the evaluation.

  ;; if there is an increase in fitness, the experience will be well evaluated (+ 0.10)
  ;; if there is no increase in fitness (remains the same or drops), it will be poorly evaluated (- 0.05)

  :::::::::::::: if the entities only evaluate for fitness::::::::::::::::::::::::::

  ;; implements the function for all entities that are not consumers
  if evaluate_for_fitness? and not evaluate_for_learning? and not consumer? [
    let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches

```

```

;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
let fitness-old 0
let fitness-new 0

;; assesses the complement of the hamming distance between the niche-demand and the knowledges
;; the higher the better
;; in order to do so a single list is created containing both tech and science DNAs, and that is
;; compared to a doubled niche-demand-now
let new-knowledge 0
let old-knowledge 0

set new-knowledge sentence newer-science-knowledge newer-tech-knowledge
set old-knowledge sentence older-science-knowledge older-tech-knowledge
let double-demand sentence niche-demand-now niche-demand-now

set fitness-old knowledge - (hamming-distance old-knowledge double-demand)
set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge double-demand)

ifelse fitness-new > fitness-old [
  ;; the case where there is an increase in fitness
  if motivation-to-learn < 1 [
    ;; there is only one possible positive outcome
    set evaluation 0.1
  ]
][
  ;; the case where there is no increase in fitness - it either stays the same or decreases
  ;; both outcomes are negative
  if motivation-to-learn > 0 [
    set evaluation -0.05
  ]
]
]

;; implements the function for all entities that are consumers
if evaluate_for_fitness_cons? and not evaluate_for_learning_cons? and consumer? [
  let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches

  ;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
  let fitness-old 0
  let fitness-new 0

  ;; assesses the complement of the hamming distance between the niche-demand and the knowledges
  ;; the higher the better
  ;; in order to do so a single list is created containing both tech and science DNAs, and that is
  ;; compared to a doubled niche-demand-now
  let new-knowledge 0
  let old-knowledge 0

  set new-knowledge sentence newer-science-knowledge newer-tech-knowledge
  set old-knowledge sentence older-science-knowledge older-tech-knowledge
  let double-demand sentence niche-demand-now niche-demand-now

  set fitness-old knowledge - (hamming-distance old-knowledge double-demand)
  set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge double-demand)

  ifelse fitness-new > fitness-old [
    ;; the case where there is an increase in fitness
    if motivation-to-learn < 1 [
      ;; there is only one possible positive outcome
      set evaluation 0.1
    ]
  ][
    ;; the case where there is no increase in fitness - it either stays the same or decreases
    ;; both outcomes are negative
    if motivation-to-learn > 0 [
      set evaluation -0.05
    ]
  ]
]

;;;;;;;;;;;;; if the entities only evaluate for learning ;;;;;;;;;;;;;;

```



```

set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge double-demand)

ifelse fitness-new > fitness-old [
  ;; the case with learning and increase in fitness
  if motivation-to-learn < 1 [
    set evaluation evaluation + 0.1
  ]
][
  ;; the case of learning with no change or decrease in fitness
  if motivation-to-learn > 0 [
    set evaluation evaluation - 0.05
  ]
]
]
]

;; implements the function for all entities that are consumers
if evaluate_for_fitness_cons? and evaluate_for_learning_cons? and consumer? [

  ;; if there is no learning, the experience will be poorly evaluated (-0.05 in motivation)
  ;; if there is learning and there is an increase in fitness, it will be well evaluated (+ 0.1)
  ;; if there is learning but there is no increase in fitness, it will be poorly evaluated (- 0.05)
  ;; if there is learning but there is decrease in fitness, it will be poorly evaluated (- 0.05)
  let new-knowledge 0
  let old-knowledge 0

  set new-knowledge sentence newer-science-knowledge newer-tech-knowledge
  set old-knowledge sentence older-science-knowledge older-tech-knowledge

  ifelse (hamming-distance old-knowledge new-knowledge) = 0 [
    ;; the case with no learning
    if motivation-to-learn > 0 [
      set evaluation evaluation - 0.05
    ]
  ][
    ;; the case with learning
    let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches
    ;; compares the absolute fitness prior to the crossover, and after the crossover
    let fitness-old 0
    let fitness-new 0
    let double-demand sentence niche-demand-now niche-demand-now

    set fitness-old knowledge - (hamming-distance old-knowledge double-demand)
    set fitness-new knowledge - (hamming-distance new-knowledge double-demand)

    ifelse fitness-new > fitness-old [
      ;; the case with learning and increase in fitness
      if motivation-to-learn < 1 [
        set evaluation evaluation + 0.1
      ]
    ][
      ;; the case of learning with no change or decrease in fitness
      if motivation-to-learn > 0 [
        set evaluation evaluation - 0.05
      ]
    ]
  ]
]

;; incorporates the evaluation into the motivation-to-learn
set motivation-to-learn motivation-to-learn + evaluation

;; limits motivation-to-learn within the bounds of 0 and 1
ifelse motivation-to-learn > 1 [
  set motivation-to-learn 1
][
  if motivation-to-learn < 0 [
    set motivation-to-learn 0
  ]
]

end

;; creates startups (all pure consumers or generators-consumers)

```

to spawn-startup [number-of-startups]

```
repeat number-of-startups[
  create-entities 1 [

    set generator? false
    ;; if the user wants a chance of startups to be consumers-generators. Default is pure consumers
    if consumer_generator_startups? [
      set generator? one-of [true false]
    ]
    set consumer? true
    set diffuser? false
    set integrator? false

    ;; assigns all other variables, as well as a random tech-knowledge and science-knowledge DNA
    set-entity-parameters

    ;; chooses one of the other entities to be a parent of the new startup
    let parent1 choose-partner

    ;; chooses the second parent with replacement
    let parent2 choose-partner

    ;; the knowledge code will work only if there are two suitable parents available
    if parent1 != nobody and parent2 != nobody [

      ;; if the startup and both parents have scientific knowledge
      ;; if the startup has scientific knowledge and none of the parents has scientific
      ;; knowledge, the scientific knowledge randomly set by set-entity-parameters will be kept
      ifelse science? and [science?] of parent1 and [science?] of parent2 [

        ;; bits1 is the science-knowledge of the parent 1
        let bits1 [science-knowledge] of parent1
        ;; bits2 is the science-knowledge of the parent 2
        let bits2 [science-knowledge] of parent2
        set new-science-knowledge crossover bits1 bits2
        ;; also performs a mutation in science knowledge
        set new-science-knowledge mutate new-science-knowledge

      ]

      ;; if the startup and only parent 1 have scientific knowledge
      ifelse science? and [science?] of parent1 [

        ;; the knowledge of the suitable parent is copied
        set new-science-knowledge [science-knowledge] of parent1
        ;; also performs a mutation in science knowledge
        set new-science-knowledge mutate new-science-knowledge

      ]

      ;; if the startup and only parent 2 have scientific knowledge
      if science? and [science?] of parent2 [

        ;; the knowledge of the suitable parent is copied
        set new-science-knowledge [science-knowledge] of parent2
        ;; also performs a mutation in science knowledge
        set new-science-knowledge mutate new-science-knowledge

      ]

    ]
  ]
]

;; deals with the technologic knowledge of startups
ifelse technology? and [technology?] of parent1 and [technology?] of parent2 [

  ;; bits1 is the tech-knowledge of the parent 1
  let bits1 [tech-knowledge] of parent1
  ;; bits2 is the tech-knowledge of the emitter
  let bits2 [tech-knowledge] of parent2
  set new-tech-knowledge crossover bits1 bits2

  ;; also performs a mutation in technological knowledge
  set new-tech-knowledge mutate new-tech-knowledge

]
]
```

```

;; if the startup and only parent 1 have scientific knowledge
ifelse technology? and [technology?] of parent1 [

  ;; the knowledge of the suitable parent is copied
  set new-tech-knowledge [tech-knowledge] of parent1
  ;; also performs a mutation in science knowledge
  set new-tech-knowledge mutate new-tech-knowledge

]
;; if the startup and only parent 2 have scientific knowledge
if technology? and [technology?] of parent2 [

  ;; the knowledge of the suitable parent is copied
  set new-tech-knowledge [tech-knowledge] of parent2
  ;; also performs a mutation in science knowledge
  set new-tech-knowledge mutate new-tech-knowledge

]
]

;; picks the knowledge activities parameters of one of the parents
ifelse random-float 1 < 0.5 [
  set willingness-to-share [willingness-to-share] of parent1
]
[
  set willingness-to-share [willingness-to-share] of parent2
]

ifelse random-float 1 < 0.5 [
  set motivation-to-learn [motivation-to-learn] of parent1
]
[
  set motivation-to-learn [motivation-to-learn] of parent2
]

ifelse random-float 1 < 0.5 [
  set creation-performance [creation-performance] of parent1
]
[
  set creation-performance [creation-performance] of parent2
]

ifelse random-float 1 < 0.5 [
  set development-performance [development-performance] of parent1
]
[
  set development-performance [development-performance] of parent2
]
]

;; finishes by making both new-knowledge and knowledge variables equal, as the entity is starting its life and has not yet
learned
set science-knowledge new-science-knowledge
set tech-knowledge new-tech-knowledge

test-fitness
set color cyan

]
]

end

;; transforms scientific knowledge into technological knowledge
to develop

  if resources > cost_of_development [
    if random-float 1 < development-performance [

      ;; using new-tech-knowledge instead of tech-knowledge allows several knowledge activities to be performed without
      losing the notion of paralelism
      ;; although some of the learning of the previous activity may be altered

      set new-tech-knowledge crossover new-tech-knowledge new-science-knowledge

      ;; flags the model that internal crossover between scientific and technologica knowledge (development) was attempted
      set development? true
    ]
  ]

```

```

    ]
  ]
end

;; creates new knowledge through mutation
to generate

  if resources > cost_of_mutation [
    if random-float 1 < creation-performance [
      set mutation? true
      let new-science-knowledge-mut new-science-knowledge
      set new-science-knowledge mutate new-science-knowledge
      if length ( remove true ( map [ [a b] -> a = b ] new-science-knowledge-mut new-science-knowledge ) ) > 0 [
        set mutated? true
      ]
    ]
  ]
end

to set-entity-parameters

  ;; sets knowledge as false by default, to be changed according to the roles
  set science? false
  set technology? false

  ;; sets the type of knowledge the entity has according to its role

  if generator? [set science? true]
  if consumer? [set technology? true]
  if diffuser? [
    ;; flips the coin untill the diffuser has some kind of knowledge, science, tech or both
    ;;while [ not science? and not technology?] [
    ;;if not science? [set science? one-of [true false]]
    ;;if not technology? [set technology? one-of [true false]]
    ;;]
    set science? true
    set technology? true
  ]

  ;; gives the entities its initial resources
  set resources initial_resources
  set size (initial_resources / 500)
  setxy random-xcor random-ycor

  ;; sets the individual characteristics of the entities that will influence how often they interact with others
  ;; this is done as a normal distribution
  set willingness-to-share random-normal willingness_to_share std_dev_willingness
  set motivation-to-learn random-normal motivation_to_learn std_dev_motivation
  set creation-performance random-normal creation_performance std_dev_creation_performance
  set development-performance random-normal development_performance std_dev_development_performance

  ;; tells the model that the entities have not performed any of these actions yet
  ;; flags activities performed for payment and measurement
  set crossover? false
  set mutation? false
  set integration? false
  set development? false

  ;; flags activities performed for payment and measurement
  set emitted? false
  set mutated? false
  set integrated? false

  ;; creates a table to implement the interaction memory
  set interaction-memory table:make

  ;; selects the shape of the entity given its role in the ecosystem
  select-shape
  create-knowledge-DNA
  test-fitness

end

```

```
;; creates a superfit entity, perhaps an entity that comes from another market
to create-super-generator
```

```
create-entities 1 [

  set generator? true
  set consumer? false
  set diffuser? false
  set integrator? false

  set-entity-parameters

  ;; sets the creation performance to 0 and the motivation to learn to 0 to preserve the super-fitness
  if not super_share? [
    set creation-performance 0
    set motivation-to-learn 0
  ]

  ;; creates a perfect match to the market demand
  set science-knowledge [niche-demand] of one-of niches
  set new-science-knowledge science-knowledge

  ;; assigns the supercompetitor the best fitness score possible upon creation
  test-fitness
  set color magenta
  set shape "star 2"

]
```

end

```
to create-super-competitor
```

```
create-entities 1 [

  set generator? false
  set consumer? true
  set diffuser? false
  set integrator? false

  set-entity-parameters

  ;; sets the motivation to learn and willingness to share to 0 to preserve the competitiveness of the super competitor
  if not super_share? [
    set willingness-to-share 0
    set motivation-to-learn 0
  ]

  ;; creates a perfect match to the market demand
  set tech-knowledge [niche-demand] of one-of niches
  set new-tech-knowledge tech-knowledge

  ;; assigns the supercompetitor the best fitness score possible from the start
  test-fitness
  set color magenta
  set shape "square 2"

]
```

end

```
;; creates a superfit diffuser. Different from the other super entities, this one assumes
to create-super-diffuser
```

```
create-entities 1 [

  set generator? false
  set consumer? false
  set diffuser? true
  set integrator? false

  set-entity-parameters

  ;; a super diffuser gets maximum efficiency when sharing its knowledge
```

```

if not super_share? [
  set willingness-to-share 1
  set motivation-to-learn 0
]

;; creates a perfect match to the market demand
set tech-knowledge [niche-demand] of one-of niches
set new-tech-knowledge tech-knowledge
set science-knowledge tech-knowledge
set new-science-knowledge science-knowledge

;; assigns the supercompetitor the best fitness score possible from the start
test-fitness
set color magenta
set shape "triangle 2"
]

end

to select-role

;; randomly sets the role (s) an entity assumes in the ecosystem.

;; does the entity assume a GENERATOR role in the ecosystem?
set generator? one-of [true false]

;; does the entity assume a CONSUMER role in the ecosystem?
set consumer? one-of [true false]

;; does the entity assume a DIFFUSER role in the ecosystem?
set diffuser? one-of [true false]

;; does the entity assume an INTEGRATOR role in the ecosystem? Integrators don't need to have scientific or technological
knowledge
set integrator? one-of [true false]

;; The code above randomly assigns roles, and they may be cumulative.
;; If any entity remains without a role in the ecosystem, it will be turned into a CONSUMER
if not generator? and not consumer? and not diffuser? and not integrator? [ set consumer? true ]

end

;; flips a biased coin with the given probability of showing 1
to-report flip-of-a-coin [probability]
  ifelse random-float 1 < probability [
    report 1
  ] [
    report 0
  ]
end

to create-knowledge-DNA
  ;; randomly creates the scientific knowledge string
  ;; if the entity does not possess this kind of knowledge, the string is all 0's
  ;; it also initializes the new-science-knowledge
  ;; if the ordered_DNA? option is selected, it sorts the entities DNA, leaving a blank area in the DNA for
  ;; knowledge not yet learned/existing in the ecosystem

  ifelse science? [
    ;; set science-knowledge n-values knowledge [random 2]
    set science-knowledge n-values knowledge [ flip-of-a-coin initial_fitness_probability ]
    if ordered_DNA? [
      set science-knowledge sort science-knowledge
    ]
    set new-science-knowledge science-knowledge
  ]

  [
    set science-knowledge n-values knowledge [0]
    set new-science-knowledge science-knowledge
  ]

  ;; randomly creates the technological knowledge string
  ;; if the entity does not possess this kind of knowledge, the string is all 0's
  ;; it also initializes the new-tech-knowledge

```

```

;; if the ordered_DNA? option is selected, it sorts the entities DNA, leaving a blank area in the DNA for
;; knowledge not yet learned/existing in the ecosystem
;; although very similar, the entities will still have slight differences between each other

```

```

ifelse technology? [
  ;; set tech-knowledge n-values knowledge [random 2]
  set tech-knowledge n-values knowledge [ flip-of-a-coin initial_fitness_probability ]
  if ordered_DNA? [
    set tech-knowledge sort tech-knowledge
  ]
  set new-tech-knowledge tech-knowledge
][
  set tech-knowledge n-values knowledge [0]
  set new-tech-knowledge tech-knowledge
]

```

```
end
```

```

;; reports the hamming distance between two strings
to-report hamming-distance [bits1 bits2]
  let h-distance 0
  set h-distance length remove true (map [ [ a b ] -> a = b ] bits1 bits2 )
  report h-distance
end

```

```

;; evaluates the complement of the hamming distance between the niche's demand, the tech-knowledge and the sci-knowledge
to test-fitness

```

```

  set fitness 0
  set sci-fitness 0
  set tech-fitness 0
  let niche-demand-now [niche-demand] of one-of niches

  set tech-fitness knowledge - (hamming-distance tech-knowledge niche-demand-now)
  set sci-fitness knowledge - (hamming-distance science-knowledge niche-demand-now )

  ;; if the entity has both kinds of knowledge, its global knowledge will reflect the highest score
  set fitness max (list tech-fitness sci-fitness)

  ;; sets the color of the entities based on its absolute fitness
  select-fitness-color

```

```
end
```

```

;; procedure to calculate how much must the entity receive from the market, and how much must it pay to live
;; also adjusts the size of the entity given the amount of its resources

```

```
to calculate-resource
```

```

  ;; awards the entities resources based on their actions / fitness

  ;; gives CONSUMER entities a share of the niche's resources proportional to its market share (relative tech-fitness)
  ;; the relative fitness is calculated of the tech-fitness of entities who compete for market share (CONSUMERS of knowledge)
  if consumer? [
    set resources resources + (niche_resources * (tech-fitness / (sum [tech-fitness] of entities with [consumer?])))
  ]

  ;*** equation that allows consumers to compete against a standard (the market demand), and not against each other
  ;; used in the university as an innovation ecosystem piece
  ;;if consumer? [
  ;;  set resources resources + (niche_resources * tech-fitness / knowledge)
  ;;]

  ;; pays emitters for their knowledge
  if emitted? [
    set resources resources + (cost_of_crossover)
    set emitted? false
  ]

```

```

..***** new function for resources of non market entities *****

```

```

;; gives non market entities the minimum resources to live, to keep them always alive
;; the entities will receive extra resources if they succeed in sharing resources, generating new knowledge

```



```

if not consumer? [

;; if the mutation is well succeeded, the generator has the budget renewed, by the government or other
;; admits that a research facility receives, besides the cost of research, operational and capital funds.
;; consumers mutate to increase their own competitiveness and do not get paid for mutation (they pay for it)
if mutated? [
  set resources resources + (10 * cost_of_mutation)
  set mutated? false
]
]

;; takes resources from the entity proportionally to its total amount of resources, respecting the minimum amount to stay alive
;; the amount necessary grows with the amount of resources the entity amasses (which is the growth of the entity)
;; the rate of the expense growth is given by the expense to live growth slider
;; caveat - this keeps the non_economical at a minimum resource status, which may hamper their chances to be selected as
partners unless
;; unless they are really fit.

ifelse not non_economical_entities? [
  set resources resources - (minimum_resources_to_live + (resources * expense_to_live_growth))
][
  if consumer? [
    set resources resources - (minimum_resources_to_live + (resources * expense_to_live_growth))
  ]
]

;; collects resources for the attempts of action
;; if the entity attempted to crossover, collect its cost
if crossover? [
  set resources resources - cost_of_crossover
  set crossover? false
]

;; if the entity attempted to mutate, collect its cost
if mutation? [
  set resources resources - cost_of_mutation
  set mutation? false
]

;; if the entity attempted to convert scientific knowledge into technological knowledge, collect its cost
if development? [
  set resources resources - cost_of_development
  set development? false
]

;; resets the integration attempt counter
set integrated? false
set integration? false

;; sets the size of the entity given its accumulated amount of resources
set-size-entity

;; kills the entity if it has no resources left
if resources < 0 [
  die
]

end

;; creates agentsets of possible partners who possess the same kind of knowledge possessed by the choosing entity
to-report choose-partner

let possible-partners nobody
;; creates an agentset with entities possessing knowledge similar to the knowledge of the choosing entity
ifelse science? and technology? [
  set possible-partners other entities with [science? or technology?]
][
  ifelse science? [
    set possible-partners other entities with [science?]
  ][
    if technology? [
      set possible-partners other entities with [technology?]
    ]
  ]
]

```

```

]
]

;; creates roulette that will select the partner from the agentset of suitable partners (Lottery Example model from Netlogo)
;; the method favours those with higher reputation and more resources, but it doesnt rule anyone out.

;; sums the fitness and resources of all possible partners to perform the normalization
let total-fitness sum [fitness] of possible-partners
let total-resources sum [resources] of possible-partners

;; this represents the sum of 100% of the normalized reputation and 100% of the normalized resources
;; but with less computational cost
let pick random-float (1 + 1)
let partner nobody
ask possible-partners [
  ;; if there's no winner yet...
  if partner = nobody [
    ;; gives the chance of the entity given the sum of its normalized resources and normalized fitness
    ;; if there is a memory of having interacted with that entity in the past, it also boosts the chances of the agent
    ;; to be selected. The myself command uses the interaction-memory of the entity who is calling the choose-partner
    procedure
      ifelse table:has-key? [interaction-memory] of myself who [
        ifelse ((resources / total-resources) + (fitness / total-fitness) + (table:get [interaction-memory] of myself who)) > pick [
          set partner self
        ]
        [
          set pick pick - ((resources / total-resources) + (fitness / total-fitness))
        ]
      ]
    ][
      ifelse ((resources / total-resources) + (fitness / total-fitness)) > pick [
        set partner self
      ]
      [
        set pick pick - ((resources / total-resources) + (fitness / total-fitness))
      ]
    ]
  ]
]
]

report partner

end

;; this procedure implements the attempt to interact with other entities
to interact

  ;; given the receiver's motivation to learn
  ;; chooses a suitable partner to be the emitter

  let motivation-to-learn-actual 0
  let willingness-to-share-actual 0
  let receiver self

  ;; if this interaction is happening through an integrator, boosts the motivation to learn
  ifelse integration? [
    ;; uses the integration_boost from the slider in the interface
    set motivation-to-learn-actual (motivation-to-learn + integration_boost)
  ]
  [
    set motivation-to-learn-actual motivation-to-learn
  ]

  ;; if the receiver decides to interact and it has resources, look for partner
  ifelse (random-float 1 < motivation-to-learn-actual) and (resources > cost_of_crossover) [
    let partner choose-partner

    ;; if a emitter partner is found and the interaction is happening through an integrator, boost its willingness to share
    ;; it also checks if the partner is fit enough to be accepted
    if partner != nobody and not ([fitness] of partner < fitness) [
      ifelse integration? [
        set willingness-to-share-actual ([willingness-to-share] of partner + integration_boost)
      ]
    ]
  ]
]

```

```

    set willingness-to-share-actual [willingness-to-share] of partner
  ]

  ;; adds to the willingness to share of the chosen partner the interaction memory the partner has of the receiver
  if (table:has-key? [interaction-memory] of partner [who] of receiver) [
    set willingness-to-share-actual (willingness-to-share-actual + table:get [interaction-memory] of partner [who] of receiver )
  ]
]

;; given the partners willingness to share (boosted or not), begin crossover
ifelse partner != nobody and (random-float 1 < willingness-to-share-actual) [
  ;; asks the partner to create a directional link to the receiver
  ask partner [
    create-link-to receiver
    set emitted? true
  ]
]

set crossover? true

;; if both the entity (receiver) and the partner (emitter) possess scientific and technological knowledge
ifelse science? and technology? and [science? and technology?] of partner [

  ;; bits1 is the science-knowledge of the receiver
  let bits1 science-knowledge
  ;; bits2 is the science-knowledge of the emitter
  let bits2 [science-knowledge] of partner
  set new-science-knowledge crossover bits1 bits2

  ;; after learning has been done, also performs a mutation in science knowledge, following traditional genetic algorithms
  set new-science-knowledge mutate new-science-knowledge

  ;; bits1 is the tech-knowledge of the receiver
  set bits1 tech-knowledge
  ;; bits2 is the tech-knowledge of the emitter
  set bits2 [tech-knowledge] of partner
  set new-tech-knowledge crossover bits1 bits2

  update-link-appearance-dual tech-knowledge new-tech-knowledge science-knowledge new-science-knowledge yellow

  evaluate-crossover-dual tech-knowledge new-tech-knowledge science-knowledge new-science-knowledge

]

;; if both the entity (receiver) and the partner (emitter) possess only scientific knowledge
ifelse science? and [science?] of partner [
  ;; bits1 is the science-knowledge of the receiver
  let bits1 science-knowledge
  ;; bits2 is the science-knowledge of the emitter
  let bits2 [science-knowledge] of partner
  set new-science-knowledge crossover bits1 bits2

  ;; after learning has been done, also performs a mutation in science knowledge
  set new-science-knowledge mutate new-science-knowledge
  update-link-appearance new-science-knowledge science-knowledge green

  evaluate-crossover science-knowledge new-science-knowledge

]

;; if both the entity (receiver) and the partner (emitter) possess only technological knowledge
if technology? and [technology?] of partner [
  ;; bits1 is the tech-knowledge of the receiver
  let bits1 tech-knowledge
  ;; bits2 is the tech-knowledge of the emitter
  let bits2 [tech-knowledge] of partner
  set new-tech-knowledge crossover bits1 bits2
  update-link-appearance new-tech-knowledge tech-knowledge blue

  evaluate-crossover tech-knowledge new-tech-knowledge

]
]

;; inserts a memory of this interaction in the receiver's memory

```

```

;; the value is currently given by the parameter on the interface trust_in_known_partners
table:put interaction-memory [who] of partner trust_in_known_partners
;; inserts a memory of this interaction in the emitter's (partner) memory
table:put [interaction-memory] of partner who trust_in_known_partners

[[
;; the crossover failed the test of the willingness-to-share-actual or the search for a partner
;; in either case the integration, if occurred, failed
set integration? false
]
]
[[
;; the crossover failed the test of the motivation-to-learn-actual or there are not enough resources
;; in either case the integration, if occurred, failed
set integration? false
]
]

end

;; the integrator facilitates interaction
;; the function finds an entity asks it to find a partner.
;; it then boosts the willingness to share an motivation to learn, facilitating the transaction
to integrate

let partner1 one-of other entities with [science? or technology?]
if partner1 != nobody and not crossover? [
ask partner1 [
;; set integration? on the integrated entity, signaling it has been approached by an integrator
set integration? true
interact
]

;; set integrated? in the integrator, signalling it attempted to integrate entities
set integrated? true

]

end

;; crossover procedure from simple genetic algorithm model
;; this reporter performs one-point crossover on two lists of bits.
;; that is, it chooses a random location for a splitting point.
;; then it reports two new lists, using that splitting point,
;; by combining the first part of bits1 with the second part of bits2
;; and the first part of bits2 with the second part of bits1;
;; it puts together the first part of one list with the second part of
;; the other.
;; then only one of the answers is chosen and reported to represent the new knowledge DNA of
;; the receiver entity

to-report crossover [bits1 bits2]

let split-point 1 + random (length bits1 - 1)
report item one-of [0 1]
list (sentence (sublist bits1 0 split-point)
(sublist bits2 split-point length bits2))
(sentence (sublist bits2 0 split-point)
(sublist bits1 split-point length bits1))

end

;; mutation procedure from simple genetic algorithm model
;; this procedure causes random mutations to occur in a knowledge string bits.
;; the probability that each bit will be flipped is controlled by the MUTATION_RATE slider.
to-report mutate [bits]

report map [ [b] -> ifelse-value (random-float 100.0 < mutation_rate) [
1 - b
]
[
b
]
] bits

```

end

```

.....
..... niche's procedures .....
.....
to create-market
  set market-mutation-countdown 0

  create-niches 1 [

    ;; this code creates a market demand DNA string. when market_fully_discovered? is on, it creates an all ones market DNA.
    ;; it is good to assess how well the entities will discover what a stable market wants.
    ;; it may not be suitable for those experiments where the market is supposed to change, since all knowledge is already
    discovered
    ;; in terms of market demand.
    ;; the second option leaves half the DNA string blank, for those simulations where the market may come to desire new
    discoveries through
    ;; mutations on the niche demand, where it will desire some new knowledge and cease to desire some old knowledge
    ifelse market_fully_discovered? [
      set niche-demand n-values knowledge [1]
    ] [
      set niche-demand n-values knowledge [ [ i ] -> ifelse-value ( i < ( knowledge / 2 ) ) [ 0 ] [ 1 ] ]
    ]

    hide-turtle
    show niche-demand
  ]
end

to mutate-market
  ask niches [
    set niche-demand n-values knowledge [random 2]
    show niche-demand
  ]
end

```

```

to market-mutation

  set market-mutation-countdown market-mutation-countdown + 1

  if market-mutation-countdown = market_mutation_period [
    mutate-market
    set market-mutation-countdown 0
  ]

end

```

```

.....
..... GUI procedures .....
.....

```

```

;; sets the shape of the entities according to their role
to select-shape

```

```

  ;; star for generators
  if generator? and not consumer? and not diffuser? and not integrator? [set shape "star"]
  ;; square for consumers
  if not generator? and consumer? and not diffuser? and not integrator? [set shape "square"]
  ;; triangle for diffusers
  if not generator? and not consumer? and diffuser? and not integrator? [set shape "triangle"]
  ;; pentagon for integrators
  if not generator? and not consumer? and not diffuser? and integrator? [set shape "pentagon"]
  ;; circle remains for hybrids, as it is the default shape

```

end

```

;; also assigns a color to the entity given its absolute fitness (an option would be to code this to evaluate if it is earning enough
to live or not)

```

to select-fitness-color

```

  if color_update_rule = "fitness" [
    ;; implements the color updating by absolute fitness
    ifelse (fitness / knowledge) > 0.67 [
      set color green
    ]
  ]

```

```

]
[
  ifelse (fitness / knowledge) > 0.33 [
    set color yellow
  ]
  [
    set color red
  ]
]
]
]

;; implements the color updating by survivability, the amount of iterations the entity would
;; be able to survive without receiving any resources
;; of course, it can live longer if it keeps gathering resources from the environment
if color_update_rule = "survivability" [
  ifelse (resources > ((minimum_resources_to_live + resources * expense_to_live_growth)) * 10) [
    set color green
  ] [
    ifelse (resources > ((minimum_resources_to_live + resources * expense_to_live_growth)) * 5) [
      set color yellow
    ] [
      set color red
    ]
  ]
]

;; updates the color of those entities that do not have costs charged
;; meaning that their survival does not depend on their fitness or
;; on their activities
if not consumer? and non_economical_entities? [
  set color gray
]
]

end

;; sets the size of the entity proportional to its resources, related to the amount of periods it could live without receiving
resources
to set-size-entity

  set size resources / (minimum_resources_to_live + (resources * expense_to_live_growth))
  if size < 0.5 [
    set size 0.5
  ]
]

end

to update-link-appearance [bits1 bits2 color-link]
  ;; Evaluates whether the crossover and the mutation actually changed bits through a hamming distance
  ;; if it did, it changes the color of the link to blue and its thickness to be proportional to the number of bits changed.
  ;; If not, it colors the link red

  let knowledge-change hamming-distance bits1 bits2
  ifelse knowledge-change > 0 [
    ask my-links [
      set color color-link
      set thickness knowledge-change / knowledge
    ]
  ] [
    ask my-links [
      set color red
    ]
  ]
]

end

to update-link-appearance-dual [ older-tech-knowledge newer-tech-knowledge older-science-knowledge newer-science-
knowledge color-link]
  ;; evaluates whether the crossover and the mutation actually changed bits through a hamming distance
  ;; if it did, it changes the color of the link to blue and its thickness to be proportional to the number of bits changed.
  ;; If not, it colors the link red

  let new-knowledge 0
  let old-knowledge 0

```

```

set new-knowledge sentence newer-science-knowledge newer-tech-knowledge
set old-knowledge sentence older-science-knowledge older-tech-knowledge

let knowledge-change hamming-distance new-knowledge old-knowledge
ifelse knowledge-change > 0 [
  ask my-links [
    set color color-link
    ;; knowledge is multiplied by two to compensate the longer string, which includes both science and tech DNAs
    set thickness knowledge-change / ( 2 * knowledge )

    let science-change hamming-distance older-science-knowledge newer-science-knowledge
    let tech-change hamming-distance older-tech-knowledge newer-tech-knowledge

    ifelse science-change > 0 and tech-change > 0 [
      ;; if there are both kinds of knowledge change
      ;; the link shape will be the default
      ;; the color will be the one commanded by the calling procedure
    ]
    ifelse science-change > 0 [
      ;; if there is only change in the science DNA
      ;; the color will be green and the link will be traced
      set shape "traced"
      set color green
    ]
    ifelse tech-change > 0 [
      ;; if there is only change in the tech DNA
      ;; the color will be blue and the link will be traced
      set shape "traced"
      set color blue
    ]
  ]
]
;; if there is no learning whatsoever, the link is colored red
ask my-links [
  set color red
]
]
end

```

```

.....
other procedures
.....

```

to define-seed

```

;; makes the seed that will create the random numbers in the model known, making it repeatable
;; the seed may be chosen by the user, or randomly chosen by the model
;; the seed being used will be displayed in the interface in the my-seed-repeat input.
ifelse repeat_simulation? [

  ;; takes the seed stored in the my-seed-repeat from the last simulation / user intervention during simulation
  random-seed my-seed-repeat

]
ifelse set_input_seed? [

  ;; use a seed entered by the user
  let suitable-seed? false
  while [not suitable-seed?] [

    set my-seed user-input "Enter a random seed (an integer):"

    ;; tries to set my-seed from the input. If it is not possible, does nothing
    carefully [ set my-seed read-from-string my-seed ] [ ]

    ;; tests the value from my-seed. If it is suitable (number and integer), sets the random-seed
    ;; if not, asks for a new one
    ifelse is-number? my-seed and round my-seed = my-seed [
      random-seed my-seed ;; use the new seed
      output-print word "User-entered seed: " my-seed ;; print it out
      set my-seed-repeat my-seed
      set suitable-seed? true
    ]
  ]
]

```

```

        user-message "Please enter an integer."
    ]
]

[[
;; use a seed created by the NEW-SEED reporter
set my-seed new-seed      ;; generate a new seed
output-print word "Generated seed: " my-seed ;; print it out
random-seed my-seed      ;; use the new seed
;; displays the new seed in the my-seed-repeat input
set my-seed-repeat my-seed
]
]

end

.....
.....: instructions for players :.....
.....

;; presents the number of the instruction being read, and suggests the press setup if none is displayed
to-report current-instruction-label
  report ifelse-value (current-instruction = 0)
    [ "press setup" ]
    [ (word current-instruction " of " length instructions) ]
end

;; goes to next instruction on the list
to next-instruction
  show-instruction current-instruction + 1
end

;; goes to previos instruction on the list
to previous-instruction
  show-instruction current-instruction - 1
end

;; prints the selected instruction
to show-instruction [ i ]
  if i >= 1 and i <= length instructions [
    set current-instruction i
    clear-output
    foreach item (current-instruction - 1) instructions output-print
  ]
end

;; instruciones
to-report instructions
  report [
    [
      "You will be simulating an innovation"
      "ecosystem based on knowledge flows."
      "The shapes of the entities denote"
      "their role in the ecosystem:"
      " - Generators - stars / hollow stars"
      " - Consumers - squares / hollow squares"
      " - Integrators - pentagons"
      " - Diffusers - triangles / hollow triangles"
      " - Hybrids - circles"
      "The hollow shapes are used when a super"
      "entity is created, to differentiate it from"
      "the regular randomly create ones."
    ]
    [
      "Their color denotes several information:"
      " - Blue   - randomly assigned entities"
      " - Orange - manually assigned entities"
      " - Cyan   - startups"
      " - Magenta - super entities"
      " - Red    - Equal or less than 33% fitness"
      "          - Less than 5 iterations in resources"
      " - Yellow - More than 33% fitness"
      "          - More than 5 iterations in resources"
      " - Green  - More than 67% fitness"
    ]
  ]

```



```

"      - More than 10 iterations in resources"
" - Gray - Entities do not receive resources from"
"the market and are not charged at each iteration either."
]
[
"The colors of entities during run time depend on the"
"chooser color_update_rule. You can choose:"
" - fitness:      colors by fitness"
" - survivability: color by amount of resources"
" and market survivability."
"The color of the links represents what kind of"
"knowledge is being shared between entities."
"- Green - scientific knowledge has been shared"
"- Blue - tecnologic knowledge has been shared"
"- Yellow - both scientific and tecnologic knowledges"
"have been shared."
"If the link is dotted (blue or green) it means that"
"entities with both knowledges interacted, but only"
"scientific (green traced) or tecnologic (blue traced)"
"knowledges have been shared."

"The chooser repeat_simulation? uses the last seed"
"used for the random number generator or not."
" If you choose not to repeat, the chooser "
"set_input_seed? will prompt the user for a seed or"
"allow the model to randomly select the seed used."
"In any case, the seed used will be displayed in "
"the my-seed-repeat monitor."
]
[
"When you press SETUP, if you chose to "
"input a known seed for random numbers,"
"you will be prompted for a integer number."
"A population of entities with parameters "
"randomly set is created."
"The amount of entities at each role may"
"be randomly or manually chosen through sliders"
"and the random_ent_creation? chooser."
"The first color the entities display depend"
"on how they were created."
]
[
"Their DNA's are randomly created, and their"
"parameters are randomly set according to the"
"mean value and standard deviation chosen,"
"in a normal distribution fashion."
"Scientific knowledge and technological"
"knowledge is assigned according to the"
"entities roles in the ecosystem."
]
[
"Choose the initial amount of resources"
"the entities possesses by sliding the"
"initial_resources slider"
"Choose the size of the markets by sliding"
"niche_resources slider"
]
[
"Choose the amount of resources that are"
"available at a market by sliding the"
"niche_resources"
"Choose minimum amount of resources to live"
"by sliding the minimum_resources_to_live"
"slider"
"Choose how much do the resources necessary"
"to remain in the market grow as the entity"
"grows by sliding the"
"expense_to_live_growth slider "
]
[
"The chooser color_update_rule chooses how"
"the colors of the entities will be updated"
"Choosing fitness the model will color the "
"entities according to their absolute fitness,"

```

```

" being red up to 33% fitness, yellow up to "
"67% fitness and green up to 100% fitness"
"Choosing survivability will update the colors"
" given the number of iterations the entity "
"would be able to live without receiving "
"any resources, being red for less than 5"
"yellow for less than 10, and green for more"
"than 10 iterations."
"of course it can live longer if it keeps"
"gathering resources from the environment"
"but would be in trouble if competition "
"increased or if its fitness dropped."
]
[
"The stop_trigger tells the model after how"
"many iterations it should stop, so it will"
"be easier to compare the results of multiple"
"runs"
"There is a button go for infinite loop until"
"the stop_trigger (if defined) is reached"
"and a button go for manual single iterations"
]
[
"The motivation to learn slider will determine"
"how likely it is for the entity to contact"
"other entities."
"It's standard deviation will create a diverse"
"population regarding this motivation"
"The willingness to share will determine how"
"likely it is for the entity to reply an"
"interaction request by another entity"
]
[
"The mutation rate alters the rate at which"
"entities with scientific knowledge will"
"mutate after interacting with other entities"
"with scientific knowledge for crossover"
"effectively creating new knowledge"
]
]
end

```

; Copyright 2018 José Roberto Branco Ramos Filho
; See info tab for full copyright and license.

8.2 Parâmetros dos Experimentos no Behaviorspace

Os parâmetros devem ser inseridos na interface do *BehaviorSpace* do *NetLogo 6.0.2* para repetir os experimentos utilizados na tese, de acordo com a Figura 37.

Experiment [X]

Experiment name:

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]]
```

Either list values to use, for example:
 ["my-slider" 1 2 7 8]
 or specify start, increment, and end, for example:
 ["my-slider" [0 1 10]] (note additional brackets)
 to go from 0, 1 at a time, to 10.
 You may also vary max-pxcor, min-pxcor, max-pycor, min-pycor, random-seed.

Repetitions:
 run each combination this many times

☒ Run combinations in sequential order
 For example, having ["var" 1 2 3] with 2 repetitions, the experiments' "var" values will be:
 sequential order: 1, 1, 2, 2, 3, 3
 alternating order: 1, 2, 3, 1, 2, 3

Measure runs using these reporters:

```
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
```

one reporter per line; you may not split a reporter across multiple lines

☒ Measure runs at every step
 if unchecked, runs are measured only when they are over

Setup commands:

Go commands:

☐ Stop condition: the run stops if this reporter becomes true

☐ Final commands: run at the end of each run

Time limit:
 stop after this many steps (0 = no limit)

Figura 37 – Interface do BehaviorSpace no NetLogo 6.0.2

Fonte: o autor

8.2.1 Experimento 1

8.2.1.1 Exp 1 homog (cenário estático sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]
["market_fully_discovered?" true]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]]
```

```

["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 100]
["my-seed-repeat" -1033850118]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
Measure runs at every step – check
Setup commands: - setup
Go commands: - go
Stop condition: - none
Final commands: – none
Time limit – 3000

```

8.2.1.2 Exp 1 homog int (cenário estático com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]
["market_fully_discovered?" true]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]

```

```

["number_of_entities" 105]
["my-seed-repeat" -40267677]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit – 3000

```

8.2.1.3 Exp 1 change (cenário dinâmico sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 100]
["my-seed-repeat" 625003153]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]

```

```

["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit – 3000

```

8.2.1.4 *Exp1 change int (cenário dinâmico com integradores)*

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 105]
["my-seed-repeat" 625003153]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
Measure runs at every step – check

```

Setup commands - setup
 Go commands - go
 Stop condition - none
 Final commands – none
 Time limit – 3000

8.2.2 Experimento 2

8.2.2.1 Exp 3 (*cenário estático sem integradores*)⁹

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "cost_of_mutation" 0]
[ "willingness_to_share" 0.5]
[ "integration_boost" 0.2]
[ "evaluate_for_learning?" true]
[ "market_mutation_period" 0]
[ "market_fully_discovered?" true]
[ "std_dev_willingness" 0.1]
[ "non_economical_entities?" true]
[ "evaluate_for_fitness_cons?" true]
[ "number_of_gen_dif" 0]
[ "color_update_rule" "fitness"]
[ "minimum_resources_to_live" 1001]
[ "std_dev_creation_performance" 0.1]
[ "mutation_rate" 0.05]
[ "creation_performance" 0.5]
[ "motivation_to_learn" 0.5]
[ "cost_of_development" 0]
[ "initial_fitness_probability" 0.2]
[ "evaluate_for_fitness?" false]
[ "random_ent_creation?" false]
[ "development_performance" 0.5]
[ "consumer_generator_startups?" false]
[ "cost_of_crossover" 0]
[ "startups?" false]
[ "set_input_seed?" false]
[ "std_dev_development_performance" 0.1]
[ "super_share?" false]
[ "number_of_entities" 120]
[ "my-seed-repeat" -584578775]
[ "number_of_diffusers" 0]
[ "niche_resources" 30000]
[ "number_of_generators" 20]
[ "repeat_simulation?" false]
[ "expense_to_live_growth" 0.1]
[ "trust_in_known_partners" 0.05]
[ "ordered_DNA?" true]
[ "number_of_cons_gen" 0]
[ "knowledge" 100]
[ "initial_resources" 1000]
[ "std_dev_motivation" 0.1]
[ "stop_trigger" 3000]
[ "evaluate_for_learning_cons?" false]
[ "number_of_integrators" 0]
[ "number_of_consumers" 100]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer?]
Measure runs at every step – check
```

⁹ O conjunto de experimentos 2 apresentado na tese é o conjunto de experimentos 3 realizado no Behaviorspace. A troca foi feita para tornar a narrativa mais fluida.

Setup commands - setup
 Go commands - go
 Stop condition - none
 Final commands – none
 Time limit – 3000

8.2.2.2 Exp3 int (cenário estático com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "willingness_to_share" 0.5]
[ "cost_of_mutation" 0]
[ "integration_boost" 0.2]
[ "evaluate_for_learning?" true]
[ "market_mutation_period" 0]
[ "market_fully_discovered?" true]
[ "std_dev_willingness" 0.1]
[ "non_economical_entities?" true]
[ "evaluate_for_fitness_cons?" true]
[ "number_of_gen_dif" 0]
[ "color_update_rule" "fitness"]
[ "minimum_resources_to_live" 1001]
[ "std_dev_creation_performance" 0.1]
[ "mutation_rate" 0.05]
[ "creation_performance" 0.5]
[ "motivation_to_learn" 0.5]
[ "cost_of_development" 0]
[ "initial_fitness_probability" 0.2]
[ "evaluate_for_fitness?" false]
[ "random_ent_creation?" false]
[ "development_performance" 0.5]
[ "consumer_generator_startups?" false]
[ "cost_of_crossover" 0]
[ "startups?" false]
[ "set_input_seed?" false]
[ "std_dev_development_performance" 0.1]
[ "super_share?" false]
[ "number_of_entities" 125]
[ "my-seed-repeat" -677691523]
[ "number_of_diffusers" 0]
[ "niche_resources" 30000]
[ "number_of_generators" 20]
[ "repeat_simulation?" false]
[ "expense_to_live_growth" 0.1]
[ "trust_in_known_partners" 0.05]
[ "ordered_DNA?" true]
[ "number_of_cons_gen" 0]
[ "knowledge" 100]
[ "initial_resources" 1000]
[ "std_dev_motivation" 0.1]
[ "evaluate_for_learning_cons?" false]
[ "stop_trigger" 3000]
[ "number_of_consumers" 100]
[ "number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000
```

8.2.2.3 Exp3 change (cenário dinâmico sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "cost_of_mutation" 0]
[ "willingness_to_share" 0.5]
[ "integration_boost" 0.2]
[ "evaluate_for_learning?" true]
[ "market_mutation_period" 100]
[ "std_dev_willingness" 0.1]
[ "market_fully_discovered?" false]
[ "non_economical_entities?" true]
[ "evaluate_for_fitness_cons?" true]
[ "number_of_gen_dif" 0]
[ "color_update_rule" "fitness"]
[ "minimum_resources_to_live" 1001]
[ "std_dev_creation_performance" 0.1]
[ "mutation_rate" 0.05]
[ "creation_performance" 0.5]
[ "motivation_to_learn" 0.5]
[ "cost_of_development" 0]
[ "initial_fitness_probability" 0.2]
[ "evaluate_for_fitness?" false]
[ "random_ent_creation?" false]
[ "development_performance" 0.5]
[ "consumer_generator_startups?" false]
[ "cost_of_crossover" 0]
[ "startups?" false]
[ "set_input_seed?" false]
[ "std_dev_development_performance" 0.1]
[ "super_share?" false]
[ "number_of_entities" 120]
[ "my-seed-repeat" -1020048771]
[ "number_of_diffusers" 0]
[ "niche_resources" 30000]
[ "number_of_generators" 20]
[ "repeat_simulation?" false]
[ "expense_to_live_growth" 0.1]
[ "trust_in_known_partners" 0.05]
[ "ordered_DNA?" true]
[ "number_of_cons_gen" 0]
[ "knowledge" 100]
[ "initial_resources" 1000]
[ "std_dev_motivation" 0.1]
[ "evaluate_for_learning_cons?" false]
[ "stop_trigger" 3000]
[ "number_of_consumers" 100]
[ "number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000
```

8.2.2.4 *Exp3 change int (cenário dinâmico com integradores)*

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "cost_of_mutation" 0]
[ "willingness_to_share" 0.5]
[ "integration_boost" 0.2]
[ "evaluate_for_learning?" true]
[ "market_mutation_period" 100]
[ "std_dev_willingness" 0.1]
[ "market_fully_discovered?" false]
[ "non_economical_entities?" true]
[ "evaluate_for_fitness_cons?" true]
```

```

["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 120]
["my-seed-repeat" 2041463630]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 20]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.3 Experimento 3

8.2.3.1 Exp 2 B¹⁰ (cenário estático sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]

```

¹⁰ Para ilustrar o experimento 3 na tese foi utilizado o conjunto de experimentos 2 B no Behaviorspace.

```

["market_mutation_period" 0]
["market_fully_discovered?" true]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 120]
["my-seed-repeat" 1566201924]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 20]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
count entities with [consumer?]
count entities with [consumer? and generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit – 3000

```

8.2.3.2 Exp 2 int B (cenário estático com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]
["market_fully_discovered?" true]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]

```

```

["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 125]
["my-seed-repeat" 1454296243]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 20]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
count entities with [consumer?]
count entities with [consumer? and generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.3.3 Exp 2 change B (cenário estático sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]

```

```

["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 120]
["my-seed-repeat" -1718226166]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 20]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
count entities with [consumer?]
count entities with [consumer? and generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.3.4 Exp2 change int B (cenário estático com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]

```

```

["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 125]
["my-seed-repeat" -1718226166]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 20]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
count entities with [consumer?]
count entities with [consumer? and generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.4 Experimento 4

8.2.4.1 Exp 4 (*cenário estático sem integradores*)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]
["market_fully_discovered?" true]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 20]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]

```

```

["super_share?" false]
["number_of_entities" 120]
["my-seed-repeat" -883309070]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.4.2 Exp 4 int (cenário estático com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]
["market_fully_discovered?" true]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 20]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 125]
["my-seed-repeat" -904860703]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]

```

```

["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.4.3 Exp 4 change (cenário dinâmico sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["cost_of_mutation" 0]
["willingness_to_share" 0.5]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 20]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 125]
["my-seed-repeat" 75668117]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 0]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check

```


Measure runs using these reporters:

count turtles

mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]

mean [sci-fitness] of entities with [science?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]

Measure runs at every step – check

Setup commands - setup

Go commands - go

Stop condition - none

Final commands – none

Time limit - 3000

8.2.4.4 Exp 4 change int (cenário dinâmico com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

["cost_of_mutation" 0]

["willingness_to_share" 0.5]

["integration_boost" 0.2]

["evaluate_for_learning?" true]

["market_mutation_period" 100]

["market_fully_discovered?" false]

["std_dev_willingness" 0.1]

["non_economical_entities?" true]

["evaluate_for_fitness_cons?" true]

["number_of_gen_dif" 20]

["color_update_rule" "fitness"]

["minimum_resources_to_live" 1001]

["std_dev_creation_performance" 0.1]

["mutation_rate" 0.05]

["creation_performance" 0.5]

["motivation_to_learn" 0.5]

["cost_of_development" 0]

["initial_fitness_probability" 0.2]

["evaluate_for_fitness?" false]

["random_ent_creation?" false]

["development_performance" 0.5]

["consumer_generator_startups?" false]

["cost_of_crossover" 0]

["startups?" false]

["set_input_seed?" false]

["std_dev_development_performance" 0.1]

["super_share?" false]

["number_of_entities" 125]

["my-seed-repeat" -1849192831]

["number_of_diffusers" 0]

["niche_resources" 30000]

["number_of_generators" 0]

["repeat_simulation?" false]

["expense_to_live_growth" 0.1]

["trust_in_known_partners" 0.05]

["ordered_DNA?" true]

["number_of_cons_gen" 0]

["knowledge" 100]

["initial_resources" 1000]

["std_dev_motivation" 0.1]

["evaluate_for_learning_cons?" false]

["stop_trigger" 3000]

["number_of_consumers" 100]

["number_of_integrators" 5]

Repetitions - 200

Run combinations in sequential order – check

Measure runs using these reporters:

count turtles

mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]

mean [sci-fitness] of entities with [science?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]

Measure runs at every step – check

Setup commands - setup

Go commands - go

Stop condition - none

Final commands – none
Time limit - 3000

8.2.5 Experimento 5

8.2.5.1 Exp 5 (*cenário estático sem integradores*)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "willingness_to_share" 0.5]
[ "cost_of_mutation" 0]
[ "integration_boost" 0.2]
[ "evaluate_for_learning?" true]
[ "market_mutation_period" 0]
[ "market_fully_discovered?" true]
[ "std_dev_willingness" 0.1]
[ "non_economical_entities?" true]
[ "evaluate_for_fitness_cons?" true]
[ "number_of_gen_dif" 0]
[ "color_update_rule" "fitness"]
[ "minimum_resources_to_live" 1001]
[ "std_dev_creation_performance" 0.1]
[ "mutation_rate" 0.05]
[ "creation_performance" 0.5]
[ "motivation_to_learn" 0.5]
[ "cost_of_development" 0]
[ "initial_fitness_probability" 0.2]
[ "evaluate_for_fitness?" false]
[ "random_ent_creation?" false]
[ "development_performance" 0.5]
[ "consumer_generator_startups?" false]
[ "cost_of_crossover" 0]
[ "startups?" false]
[ "set_input_seed?" false]
[ "std_dev_development_performance" 0.1]
[ "super_share?" false]
[ "number_of_entities" 140]
[ "my-seed-repeat" -1526107324]
[ "number_of_diffusers" 0]
[ "niche_resources" 30000]
[ "number_of_generators" 20]
[ "repeat_simulation?" false]
[ "expense_to_live_growth" 0.1]
[ "trust_in_known_partners" 0.05]
[ "ordered_DNA?" true]
[ "number_of_cons_gen" 20]
[ "knowledge" 100]
[ "initial_resources" 1000]
[ "std_dev_motivation" 0.1]
[ "evaluate_for_learning_cons?" false]
[ "stop_trigger" 3000]
[ "number_of_consumers" 100]
[ "number_of_integrators" 0]
```

Repetitions - 200

Run combinations in sequential order – check

Measure runs using these reporters:

count turtles

count entities with [consumer? and not generator?]

count entities with [consumer? and generator?]

mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]

mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]

mean [sci-fitness] of entities with [science? and not consumer?]

mean [sci-fitness] of entities with [science? and consumer?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]

Measure runs at every step – check

Setup commands - setup

Go commands - go

Stop condition - none
 Final commands – none
 Time limit - 3000

8.2.5.2 Exp 5 int (cenário estático com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "cost_of_mutation" 0]
[ "willingness_to_share" 0.5]
[ "integration_boost" 0.2]
[ "evaluate_for_learning?" true]
[ "market_mutation_period" 0]
[ "std_dev_willingness" 0.1]
[ "market_fully_discovered?" true]
[ "non_economical_entities?" true]
[ "evaluate_for_fitness_cons?" true]
[ "number_of_gen_dif" 0]
[ "color_update_rule" "fitness"]
[ "minimum_resources_to_live" 1001]
[ "std_dev_creation_performance" 0.1]
[ "mutation_rate" 0.05]
[ "creation_performance" 0.5]
[ "motivation_to_learn" 0.5]
[ "cost_of_development" 0]
[ "initial_fitness_probability" 0.2]
[ "evaluate_for_fitness?" false]
[ "random_ent_creation?" false]
[ "development_performance" 0.5]
[ "consumer_generator_startups?" false]
[ "cost_of_crossover" 0]
[ "startups?" false]
[ "set_input_seed?" false]
[ "std_dev_development_performance" 0.1]
[ "super_share?" false]
[ "number_of_entities" 145]
[ "my-seed-repeat" -738492665]
[ "number_of_diffusers" 0]
[ "niche_resources" 30000]
[ "number_of_generators" 20]
[ "repeat_simulation?" false]
[ "expense_to_live_growth" 0.1]
[ "trust_in_known_partners" 0.05]
[ "ordered_DNA?" true]
[ "number_of_cons_gen" 20]
[ "knowledge" 100]
[ "initial_resources" 1000]
[ "std_dev_motivation" 0.1]
[ "evaluate_for_learning_cons?" false]
[ "stop_trigger" 3000]
[ "number_of_consumers" 100]
[ "number_of_integrators" 5]
```

Repetitions - 200

Run combinations in sequential order – check

Measure runs using these reporters:

count turtles

count entities with [consumer? and not generator?]

count entities with [consumer? and generator?]

mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]

mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]

mean [sci-fitness] of entities with [science? and not consumer?]

mean [sci-fitness] of entities with [science? and consumer?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]

Measure runs at every step – check

Setup commands - setup

Go commands - go

Stop condition - none

Final commands – none

Time limit - 3000

8.2.5.3 Exp 5 change (cenário dinâmico sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "cost_of_mutation" 0]
[ "willingness_to_share" 0.5]
[ "integration_boost" 0.2]
[ "evaluate_for_learning?" true]
[ "market_mutation_period" 100]
[ "std_dev_willingness" 0.1]
[ "market_fully_discovered?" false]
[ "non_economical_entities?" true]
[ "evaluate_for_fitness_cons?" true]
[ "number_of_gen_dif" 0]
[ "color_update_rule" "fitness"]
[ "minimum_resources_to_live" 1001]
[ "std_dev_creation_performance" 0.1]
[ "mutation_rate" 0.05]
[ "creation_performance" 0.5]
[ "motivation_to_learn" 0.5]
[ "cost_of_development" 0]
[ "initial_fitness_probability" 0.2]
[ "evaluate_for_fitness?" false]
[ "random_ent_creation?" false]
[ "development_performance" 0.5]
[ "consumer_generator_startups?" false]
[ "cost_of_crossover" 0]
[ "startups?" false]
[ "set_input_seed?" false]
[ "std_dev_development_performance" 0.1]
[ "super_share?" false]
[ "number_of_entities" 145]
[ "my-seed-repeat" -376496306]
[ "number_of_diffusers" 0]
[ "niche_resources" 30000]
[ "number_of_generators" 20]
[ "repeat_simulation?" false]
[ "expense_to_live_growth" 0.1]
[ "trust_in_known_partners" 0.05]
[ "ordered_DNA?" true]
[ "number_of_cons_gen" 20]
[ "knowledge" 100]
[ "initial_resources" 1000]
[ "std_dev_motivation" 0.1]
[ "evaluate_for_learning_cons?" false]
[ "stop_trigger" 3000]
[ "number_of_consumers" 100]
[ "number_of_integrators" 0]
Repetitions - 200
```

Run combinations in sequential order – check

Measure runs using these reporters:

count turtles

count entities with [consumer? and not generator?]

count entities with [consumer? and generator?]

mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]

mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]

mean [sci-fitness] of entities with [science? and not consumer?]

mean [sci-fitness] of entities with [science? and consumer?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]

mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]

Measure runs at every step – check

Setup commands - setup

Go commands - go

Stop condition - none

Final commands – none

Time limit - 3000

8.2.5.4 Exp 5 change int (cenário dinâmico com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
[ "cost_of_mutation" 0]
```

```

["willingness_to_share" 0.5]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["std_dev_willingness" 0.1]
["market_fully_discovered?" false]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 140]
["my-seed-repeat" 416074316]
["number_of_diffusers" 0]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 20]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 20]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
count entities with [consumer? and not generator?]
count entities with [consumer? and generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]
mean [sci-fitness] of entities with [science? and not consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science? and consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.6 Experimento 6

8.2.6.1 Exp 6 (*cenário estático sem integradores*)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]
["market_fully_discovered?" true]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 145]
["my-seed-repeat" -2044251524]
["number_of_diffusers" 20]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 20]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["stop_trigger" 3000]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["number_of_integrators" 0]
["number_of_consumers" 100]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.6.2 Exp 6 int (cenário estático com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["cost_of_mutation" 0]
["willingness_to_share" 0.5]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 0]
["std_dev_willingness" 0.1]
["market_fully_discovered?" true]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]

```

```

["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 145]
["my-seed-repeat" 1759536102]
["number_of_diffusers" 20]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 20]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["stop_trigger" 3000]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.6.3 Exp 6 change (cenário dinâmico sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]

```

```

["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 140]
["my-seed-repeat" -1744520672]
["number_of_diffusers" 20]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 20]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["stop_trigger" 3000]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["number_of_integrators" 0]
["number_of_consumers" 100]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```

8.2.6.4 Exp 6 change int (cenário dinâmico com integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 140]
["my-seed-repeat" -1896747565]
["number_of_diffusers" 20]

```



```

["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 20]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]
["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 0]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["stop_trigger" 3000]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit – 3000

```

8.2.7 Experimento 7

8.2.7.1 Exp 7 change int (cenário estático sem integradores)

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```

["willingness_to_share" 0.5]
["cost_of_mutation" 0]
["integration_boost" 0.2]
["evaluate_for_learning?" true]
["market_mutation_period" 100]
["market_fully_discovered?" false]
["std_dev_willingness" 0.1]
["non_economical_entities?" true]
["evaluate_for_fitness_cons?" true]
["number_of_gen_dif" 0]
["color_update_rule" "fitness"]
["minimum_resources_to_live" 1001]
["std_dev_creation_performance" 0.1]
["mutation_rate" 0.05]
["creation_performance" 0.5]
["motivation_to_learn" 0.5]
["cost_of_development" 0]
["initial_fitness_probability" 0.2]
["evaluate_for_fitness?" false]
["random_ent_creation?" false]
["development_performance" 0.5]
["consumer_generator_startups?" false]
["cost_of_crossover" 0]
["startups?" false]
["set_input_seed?" false]
["std_dev_development_performance" 0.1]
["super_share?" false]
["number_of_entities" 160]
["my-seed-repeat" -1896747565]
["number_of_diffusers" 20]
["niche_resources" 30000]
["number_of_generators" 20]
["repeat_simulation?" false]
["expense_to_live_growth" 0.1]
["trust_in_known_partners" 0.05]

```

```

["ordered_DNA?" true]
["number_of_cons_gen" 20]
["knowledge" 100]
["initial_resources" 1000]
["std_dev_motivation" 0.1]
["stop_trigger" 3000]
["evaluate_for_learning_cons?" false]
["number_of_consumers" 100]
["number_of_integrators" 5]
Repetitions - 200
Run combinations in sequential order – check
Measure runs using these reporters:
count turtles
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [tech-fitness] of entities with [consumer? and generator?]
mean [sci-fitness] of entities with [science? and consumer?]
mean [sci-fitness] of entities with [science? and not consumer?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and not generator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [consumer? and generator?]
mean [motivation-to-learn] of entities with [not consumer? and not integrator?]
count entities with [consumer? and generator?]
count entities with [consumer? and not generator?]
Measure runs at every step – check
Setup commands - setup
Go commands - go
Stop condition - none
Final commands – none
Time limit - 3000

```